Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 44. (Seite 881—896.) **2. November 1923.** **Elfter Jahrgang.**

INHALT:

Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der Biologie. Von *Hermann Brunswik, Berlin-Dahlem.* S. 881.

Zur Ahnenfrage der Cirripedien. Von *Hjalmar Broch, Christiania.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 885.

Physikalische Mitteilungen. S. 888 - 894.

Die Isotopie der Elemente. Die Totalreflexion der Röntgenstrahlen. Die Brille und ihre Herstellung. Paramagnetismus und Quantentheorie. The optical cosine law. A large aperture aplanatic lens not corrected for colour (Mit 1 Abbildung.) A method of measuring small differences of the refractive indices. Verflüssigung des Heliums in Canada.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 895 - 896.

Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere. Amphioxus als Delikatesse. Kohlehydrat-Phosphorsäure-Verbindungen.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark, zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages.

Einzelnummer 0,80 Goldmark.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24

erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin. Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Theoretische Biologie

Vom Standpunkt der Irreversibilität des elementaren Lebensvorganges

Von

Professor Dr. Rudolf Ehrenberg

Privatdozent für Physiologie an der Universität Göttingen

(VI, 348 S.)

9 Goldmark; gebunden 10 Goldmark

Fürs Ausland: 2.15 Dollar; geb. 2.40 Dollar

Aus dem Inhalt:

Einleitung. — Tod und Zellteilung. — Enzym und Ablauf. — Altern, Wachstum und cellulare Excretion. — Assimilation und Autonomie. — Immunität und Individualität. — Konstitution und Disposition. — Formbildung und Vererbung. — Individuum und Art. — Gehirn und Bewußtsein.

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang. 2. November 1923. Heft 44.

Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der Biologie.

Von Hermann Brunswik, Berlin-Dahlem.

I.

Wesen und Wert der mikrochemischen Methodik sowie ihre vorteilhafte Anwendung in den verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen ist schon vielfach hervorgehoben worden und heute bereits allgemein bekannt. Dasjenige Gebiet, für das die Mikrochemie unersetzlich erscheint, ist die *Analyse der lebenden Zelle*, der Versuch, die Lebensprozesse auf *chemisch-physikalische* Vorgänge zurückzuführen. Jede Methode, und sei sie die beste, besitzt jedoch gewisse *Grenzen* und *Grenzmöglichkeiten*. Die Grenzen der *biologischen Mikrochemie* („Zellmikrochemie") sollen im folgenden rein rechnerisch in ihrer Größenordnung aufgezeigt und mit der wichtiger Zellstoffwechselvorgänge verglichen werden. Man wird hierbei zu einem Ergebnis gelangen, das manchen Biologen rein gefühlsmäßig, durch ihre Erfahrung und ihren Takt, vielleicht schon lange bekannt ist und ihnen daher selbstverständlich erscheint, das aber die der Chemie Fernstehenden vor nutzlosen Versuchen oder trügerischen Hoffnungen bewahren mag, dem Chemiker und Physiker aber wiederum vor Augen führt, um wie vieles diese an und für sich wunderbar feine und exakte Methode von den subtilen Vorgängen des Zellgeschehens noch absteht.

II.

Die notwendigen Voraussetzungen für einen zellmikrochemischen Nachweis sind:

1. seine *Eindeutigkeit*. Diese kann durch eine einzige Reaktion oder durch Kombination einer Reihe von Einzelreaktionen erreicht werden.

2. die *Empfindlichkeit* [Erfassungsgrenze]. Sie wird am besten erreicht durch das Behrenssche *Prinzip der Kristallfällung;* es werden solche Verbindungen ausgewählt, die ein gutes Kristallisationsvermögen und ein möglichst großes Molekularvolumen besitzen. Die Empfindlichkeit wird angegeben in γ ($= {}^1/_{1000}$ mg) als die kleinste Substanzmenge, mit der die Reaktion noch eben sicher gelingt. — Man unterscheidet eine *theoretische* und eine *praktische* Empfindlichkeit[1]). Diese beiden Begriffe seien an einem Beispiel erläutert.

Der mikrochemische Nachweis von Cl- und Ag-Ionen mittels Silbersalzen bzw. durch Chloride zählt infolge der sehr geringen Löslichkeit des Reaktionsproduktes AgCl zu den empfindlichen Proben. In einem Tröpfchen von 1 mm³ (übliche Prüfungseinheit) lassen sich nach *Behrens* hierbei 0,05 γ Cl bzw. 0,1 γ Ag nachweisen. Diese Zahlen stellen die *praktische* Empfindlichkeit dar. Es ist klar, daß man bei der Kristallfällung stets eine größere Zahl von Individuen (AgCl-Kristalle) erzielt, von denen eigentlich ein einziges ausreichen würde, um einen positiven Reaktionsausfall zu entscheiden. Die *theoretische* Empfindlichkeit berechnet sich daher mit $1{,}5 \cdot 10^{-6}\ \gamma\ Cl$ bzw. $4{,}5 \cdot 10^{-6}\ \gamma\ Ag$ (Gewicht eines einzigen charakteristischen Kristallwürfels von 1 μ Seitenlänge $[= 5{,}56 \cdot 10^{-6}\ \gamma]$ + der nach der Theorie in Lösung verbleibenden AgCl-Menge $[0{,}38 \cdot 10^{-6}\gamma]$!) Wie man sieht, liegen theoretische und praktische Empfindlichkeit hier um 4 Zehnerpotenzen auseinander ($5 \cdot 10^{-2}\ \gamma$ Cl gegen $1{,}5 \cdot 10^{-6}\ \gamma$ Cl). Der Gehalt eines durch Silberionen *oligodynamisch* wirkenden Wassers an Ag^+ liegt, auch wenn man Liter davon auf ein kleines Volumen eindampft, *unter* dieser praktischen (theoretischen) Empfindlichkeitsgrenze, das Ag ist analytisch-chemisch *nicht* nachweisbar — trotzdem aber physiologisch in so augenfälliger Weise wirksam. Die Diskrepanz zwischen dem analytisch Erreichbaren und dem biologisch zu Fordernden tritt schon hier klar zutage.

In einem Falle gelingt es, die Empfindlichkeit [Erfassungsgrenze] bedeutend zu steigern — wenn es sich nämlich um den Nachweis *an einer ungelösten, festen Substanz* handelt. Dies benützte *Emich* bei seiner Lakmusseide (Empfindlichkeit $5 \cdot 10^{-4}\ \gamma$ HCl, $3 \cdot 10^{-4}\ \gamma$ NaOH) und dem Sulfidfaden, auf *zell*mikrochemischem Gebiete zählen hierzu die ältesten — und unübertrefflichsten Mikroreaktionen: der Nachweis der Stärke, von Glykogen, von Holzsubstanz (Phlorglucin-HCl), von Fett (Sudan III-Osmiumsäure) und Suberin, von Zellulose, Chitin, Keratin usw., deren Erfassungsgrenze bei allen bis in die Größenordnung $10^{-6}\ \gamma$ reicht. Bei genauer Analyse dieser Fälle zeigt sich, daß es sich hierbei nicht um rein chemische Umsetzungen handelt, sondern daß *physikalische* Faktoren mitspielen (Eingehen des Jod in eine „feste Lösung", Adsorption, Farbstoffspeicherung usw.). Hieraus erklärt sich die durchschnittlich um 4 Zehnerpotenzen größere praktische Empfindlichkeit als

[1]) In letzter Zeit schlug *F. Feigl* (Mikrochemie *I* (1923), S. 4—20) vor, gleichwie in der Makrochemie unter „Empfindlichkeit" ein *Verdünnungsverhältnis* zu verstehen und die kleinste *absolute* Menge Substanz, die durch eine Reaktion noch nachweisbar ist, als „Erfassungsgrenze" zu bezeichnen. Da dieser sehr erwünschte Begriff aber noch nicht allgemein eingebürgert ist, verwende ich im folgenden: *mikrochemische* Empfindlichkeit = Erfassungsgrenze.

bei der großen Mehrzahl der empfindlichsten Innenreaktionen[2]).

Gerade diese Gruppe der empfindlichsten Zellmikroreaktionen besitzt schließlich in hohem Maße eine weitere, erforderliche Eigenschaft, eine vollkommene

3. Lokalisation. Ihre Bedeutung bei allen Zellreaktionen wurde schon wiederholt hervorgehoben; bekanntlich stellen sich ihrer Verwirklichung große Schwierigkeiten entgegen.

Im folgenden seien nun *vier* herausgegriffene, für die biologische Mikrochemie wichtige *Einzelfälle* im Hinblick auf die eben erörterten Forderungen eingehend besprochen.

1. *Nachweis eines Kation.* Eine Reihe von anorganischen Kationen und Anionen läßt sich auch an Gewebsschnitten nachweisen[3]). Meistens jedoch sind die Mikroreaktionen, selbst bei *hoher* Empfindlichkeit (Mg-Nachweis als $MgNH_4PO_4$ nach *O. Richter*, Cl-Nachweis mit $AgNO_3 + NH_3$ nach *Jung*) *nicht* lokalisiert, haben daher für die Zellmikrochemie, wie oben angedeutet, einen nur beschränkten Wert. Um den zellokalisierten Nachweis der Elemente im Sinne der biologischen Mikrochemie bemühte sich insbesondere *Macallum*[4]); seine Versuche beziehen sich auf den Nachweis des Eisens, des Phosphors (beide auch in „maskiertem" Zustand), des Kaliums und Chlors. Die Methode des Phosphornachweises schien bereits *Macallum* selbst zweifelhaft und von neuem zu lösen; die Versuchsfehler seines Eisennachweises wurden von *Wiener*[5]) kritisch aufgezeigt. Der Nachweis des Kalium mit Natriumkobaltnitrit jedoch gehört zu den besten und empfindlichsten mikrochemischen Verfahren und stellt das Vorbild einer wahrhaft zellokalisierten Reaktion dar. An Wert diesem nahe kommend verbleibt nur noch der Chloridnachweis mit $AgNO_3 + HNO_3$ unter nachträglicher Exposition im Lichte, wodurch das *amorph* gefällte Silberchlorid in das schwarze Photochlorid [Ag_2Cl?] umgewandelt und als solches sichtbar wird. Die *Grenzmöglichkeiten* dieser Reaktion seien im folgenden berechnet. Übungsobjekt sei eine Zelle mittlerer Dimensionen, eine Palisadenzelle des Kartoffelblattes ($135\,\mu \times 30\,\mu \times 30\,\mu$). Ihr Volumen ist demnach ca. $90\,000\,\mu^3$, ihr Gewicht 0,1 γ. Nimmt man für diese eine Zelle den — irrealen — Fall an, daß man die *theoretische* Empfindlichkeit der AgCl-Reaktion erreichen könnte, so müßte sie $0{,}7 \cdot 10^{-4}$ γ Cl enthalten (vergleiche die Ableitung hierfür auf S. 457), d. h. etwa an KCl $1{,}7 \cdot 10^{-4}\,\gamma = 0{,}00017$ γ. Im Protoplasma + Zellsaft der Palisadenzelle (als Einheit aufgefaßt) müßte daher mindestens 0,2 % KCl enthalten sein, damit gerade einige eben mikroskopisch sichtbare schwarze Ag_2Cl_2-Körnchen auftreten. Da jedoch, wie früher ausgeführt, die praktische Empfindlichkeit *nie* unterboten wird, so ergibt sich, daß das Cytoplasma der tierischen und pflanzlichen Zellen, in denen *Macallum gewöhnlich* Chloride nachweisen konnte, diese in einer Konzentration von *mehreren* Prozent enthalten mußte. Wenn *Macallum* in den *Zellkernen* und den Chromatophoren (Spirogyra, Tulipa) *keinen* positiven Niederschlag bekam, so besagt dies demnach nur, daß in diesen Gebilden die Chloridkonzentration unter etwa 1 % anzunehmen ist. Ob sie wirklich *chloridfrei* sind, vermag auch diese so empfindliche Probe nicht zu entscheiden.

Mit Absicht wurde zu dieser Diskussion die *zweitbeste* der bisher bekannten Mikroreaktionen herangezogen. Bei der Mehrzahl der Nachweismethoden für die Kationen und Anionen lassen sich derartige Berechnungen überhaupt nicht anstellen, d. h. sie führen zu dem Ergebnis, daß die einzelne Zelle einen Zellsaft besitzen müßte, der eine 20—50prozentige Lösung des betreffenden Salzes darstellte, oder anders ausgedrückt, daß man *hundert* oder mehr Zellen für eine *eben* positiv ausfallende Reaktion benötigt. Die nach den neueren Anschauungen für Stoffwechselvorgänge wichtigen Elemente wie Fe, Mn, Cu („Reizstoffe"), Brom, Jod, Fluor u. a. bleiben — abgesehen von einigen Ausnahmen, wo eine Speicherung vorliegt — überhaupt gewöhnlich unnachweisbar, auch bei Summierung von Tausenden von Zellen („Schnitte").

2. *Nachweis des Formaldehyds im Chloroplasten als Assimilationszwischenprodukt.* Seit Aufstellung von *Bayers* Assimilationshypothese waren fast ebenso zahlreiche Bemühungen darauf gerichtet, das mutmaßliche Zwischenprodukt, den Formaldehyd, makrochemisch durch Destillation einer großen Blattmenge oder durch andere Methoden darzustellen, wie ihn mikrochemisch am Chloroplasten nachweisend zu fassen (*Polacci, Kimpflin*). Wiewohl *Willstätter* und *Stoll* 1918 eingehend begründeten, daß eine eindeutige Darstellung von Formaldehyd aus Blattmaterial ebenso wenig *zugunsten* der Bayerschen Hypothese bedeuten würde, wie alle negativen Befunde *gegen* dieselbe, so sind derartige Bestrebungen auch in jüngster Zeit wieder aufgenommen worden. So versuchte *Rouge*[6]) *mikro*chemisch in *vivo* nicht nur Formaldehyd, sondern auch drei andere mutmaßliche Assimilationszwischenprodukte: Glycolaldehyd, Glycerinaldehyd und Dioxyaceton nachzuweisen. Über die Resultate berichtet *Rouge* selbst: „Nous avons ainsi perdu un temps précieux en vaines recherches, qui toutes ont été négatives."

[2]) In dieser erhöhten Empfindlichkeit der physikalisch begründeten Proben liegt auch der Grund und Anreiz für die vielen mikrotechnischen Versuche einer *chemischen* Analyse der Zelle mittels Farbstoffen (vgl. *Unna*, d. Physiologie Jahrg. VII; 1908, S. 552—645.

[3]) Vgl. *H. Molisch*, Mikrochemie der Pflanze, 3. Aufl., 1923. S. 25—113.

[4]) *A. B. Macallum*, Die Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie in der biologischen Forschung. Ergebn. d. Physiologie Jahrg. VII; 1908, S. 552—645.

[5]) *A. Wiener*, Beitrag zum mikrochem. Nachw. d. Eisens in der Pflanze usw. Biochem. Ztschr. 77. Bd., 1916, S. 27.

[6]) *E. Rouge*, Recherche des premiers produits de l'assimilation chlorophylienne du carbone. Journal suisse de Pharm. *59*. Jahrg. (1921), Nr. 11 u. 12.

Die *Unmöglichkeit* derartiger Versuche sei durch folgende Rechnung veranschaulicht. Die durchschnittliche Größe eines runden Mooschloroplasten betrage 5 μ (Durchmesser); dessen Volumen daher 65,4 μ³. Im Laufe eines Tages bildet sich in dem ursprünglich stärkefreien Chloroplasten ein Körnchen *autochthoner Stärke* in den wahren Dimensionen (ohne Quellung) von 2 μ × 1 μ × 1 μ. Das Volumen der so gebildeten Stärke ist demnach 1,6 μ³, was (spez. Gew. = 1,5) einem realen Gewichte von ca. 2,4 . 10^{-6} γ Stärke entspricht. Man kann nun dieses Gewicht gleichsetzen dem Gewichte des im Laufe des Tages in diesem Chloroplasten gebildeten Formaldehydes (= 2,4 . 10^{-6} γ Formaldehyd[7]). Da die Anwendung eines mikrochemischen Reagenses mit dem Zelltod[8]) und Sistierung der Assimilation verbunden ist, kann man nur etwa die innerhalb *einer Sekunde* gebildete Formaldehydmenge zu erfassen hoffen. Bei einer gleichmäßigen Assimilation von 10 Stunden (10 × 60 × 60 = 3,6 . 10^4 Sekunden) entsteht daher in dem Chloroplasten pro Sekunde 0,66 . 10^{-10} γ Formaldehyd. Die empfindlichsten Mikroreaktionen können noch 10^{-3} γ bis 10^{-4} γ von Körpern im gelösten Zustande nachweisen. Es besteht demnach hier eine Differenz in der Größenordnung von 10^6—10^7, eine derartige Spannung, daß sie auch nicht durch das Zusammenwirken der 20—50 Chloroplasten, die eine Zelle enthält, noch durch die Annahme einer längeren „Abfassungszeit" für den Formaldehyd, noch durch Steigerung der Assimilationsintensität usw. überbrückt werden kann. Da die Jod-Stärke-Reaktion, die selbst 10^{-6} γ Stärke nachzuweisen erlaubt, bekanntlich zu den allerempfindlichsten Reaktionen zählt (Anwendung bei Titration!), so ist es sogar zweifelhaft, ob der Formaldehyd bei „Abfangung" (siehe Abschn. III) der *ganzen Tagesmenge lokal* sichtbar gemacht werden könnte.

3. *Nachweis der Bestandteile der Plasmahaut.* Durch die jüngsten Untersuchungen von *Hansteen-Cranner*[9]) und von *Boas*[10]) über die Biochemie der pflanzlichen Plasmahaut wurde auch das Interesse der Mikrochemiker von neuem auf diese Stoffe gelenkt. Die Unmöglichkeit z. B., die eine wahrscheinliche Komponente der Plasmahaut, das *Cholesterin* (bzw. „Phytosterin" als Gruppenbegriff) nachweisend darzustellen, ergibt sich aus folgender Überlegung: Die Empfindlichkeit der vom Verfasser[11]) kürzlich näher beschriebenen mikrochemischen Anwendung der Digitoninmethode von *Windaus* beträgt 0,1 γ Cholesterin. Auf Grund mikroskopischer Beobachtung kann man die an Lipoïden reiche Schicht des Protoplasmas („Plasmahaut") höchstens als ¼ μ dick annehmen, gerade an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit. Die Oberfläche einer Zelle mittlerer Größe (Palisadenzelle des Kartoffelblattes) beträgt ca. 16 000 μ². Das Volumen der cholesterinreichen Substanz pro Zelle beträgt demnach 4000 μ³. Wenn man annimmt, daß in dem Gemisch von wasserlöslichen und wasserunlöslichen Phosphatiden, Lecithinen und Phytosterinen, welches die Plasmahaut wahrscheinlich darstellt, bestenfalls ⅕—$^1/_{10}$ auf die Sterinkomponente entfällt, so enthielte die „Plasmahaut" einer Zelle 800—400 μ³ Cholesterin, d. s. 800 (400) × 1,067 (Dichte des Cholesterins) × 10^{-6} γ = 8,54 (4,27) . 10^{-4} γ. In Zusammenhalt mit der *praktischen* Empfindlichkeit der Cholesterinreaktion, d. i. der Fällung des schwer löslichen, aber nicht gänzlich wasser- und alkohol*un*löslichen Digitoninchloesterides, von 0,1 γ ergibt sich demnach die Unzulänglichkeit eines solchen Beginnens (Diskrepanz von 2—3 Zehnerpotenzen!). Selbst die *theoretische* Empfindlichkeit der Reaktion würde nur dazu hinreichen, einige haarfeine Nädelchen von Digitoninchloesterid pro Zelle zur Bildung kommen zu lassen (berechnet unter Vernachlässigung aller sonstigen störenden Einflüsse), nie aber ließe sich eine zusammenhängende, an der vorher leicht plasmolysierten Zelle sichtbare Niederschlagshaut von Digitoninchloesterid darstellen, die ja 3000 bis 4000 μ³ Digitoninchloesterid enthalten müßte.

4. *Der Nachweis von Eiweißkörpern; die mikrochemische Verfolgung der Eiweißassimilation.* In dem Buche, in welchem die wertvollsten *zell*mikrochemischen Beobachtungen gesammelt sind, in *A. Meyers*[12]) „Analyse der Zelle", ist bereits darauf aufmerksam gemacht, wie *schwer* es gelingt, Eiweiß im Protoplasma einer erwachsenen Pflanzenzelle nachzuweisen. Mittels der Xanthoprotein- und Millonschen Reaktion war in Blattpalisadenzellen von Tropaeolum — wenn man von den Plastiden absieht — nur mit äußerster Sorgfalt Spuren von Eiweiß mikrochemisch festzustellen. Diese und ähnliche Befunde führen ja *A. Meyer*[13]), vielleicht in Überschätzung der mikrochemischen Methode, sogar dazu, die Bedeu-

[7]) Durch die Vernachlässigung der bei der Zuckerpolymerisation austretenden Moleküle Wasser ist die Zahl 2,4 . 10^{-6} γ Formaldehyd für dasselbe Gewicht autochthoner Stärke etwas zu *klein*; ebenso ist zu bedenken, daß ein Bruchteil der frisch assimilierten Kohlehydratmenge für den „Betriebsstoffwechsel" sofort verbraucht (veratmet) wird, eine Größe, die ebenfalls vernachlässigt wurde. Die Menge von 2,4 . 10^{-6} γ Formaldehyd ist aus diesen beiden Gründen *etwas zu klein*.

[8]) Andere Möglichkeiten sollen im Abschn. III, S. 460 berührt werden.

[9]) *Hansteen-Cranner, B.*, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldinger fra Norges Landsbruck høiskole Bd. 2, 1923, S. 10.

[10]) *Boas, Fr.*, Biochem. Ztschr. Bd. *117*, 1921, S. 166 bis 213, Bd. *129*, 1922, S. 144—152; Ber. d. Deutsch. Botan. Gesell. Bd. *40*, 1922, S. 32—37 u. S. 249—253.

[11]) *H. Brunswik*, Der mikrochemische Nachweis der Phytosterine und von Cholesterin als Digitoninsteride. Ztschr. f. wiss. Mikroskopie *39*. Bd., 1922, S. 316—321.

[12]) *A. Meyer*, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. I. Teil, 1920, S. 490.

[13]) *A. Meyer*, l. c., S. 440—442, und: Die in den Zellen vorkommenden Eiweißkörper sind stets ergastische Stoffe. Ber. d. Deutsch. Botan. Ges. *33*. Bd. (1915), S. 373.

tung des Eiweißes für die Zusammensetzung des Protoplasmas auf die eines „ergastischen Stoffes" herabzudrücken. — Ebenso schwierig gestaltet sich der mikrochemische Nachweis des Eiweiß im Zellkern. Die diesbezüglichen Ergebnisse wurden kürzlich von *Pratje*[14]) zusammengefaßt. Er gelangt zu dem Schlusse, daß „wir keine wirklich einwandfreie mikrochemische Reaktion besitzen, die uns über den Aufbau und die nähere Lokalisation der Eiweißkörper in den Zellkernen etwas Näheres aussagte". Auch die vom Verfasser[15]) jüngst erörterten Möglichkeiten der Verfeinerung des mikrochemischen Eiweißnachweises durch Feststellung einer gewissen Anzahl von Aminosäuren (Tyrosin, Tryptophan, Histidin, Cystin) am Eiweißkomplexe gilt natürlich nur für Eiweißanhäufungen in Zellen (kristallisiertes oder amorphes Reserveeiweiß, Gerüsteiweiß u. dgl.).

Nicht besser steht es mit dem Nachweis der Bausteine des Eiweißes, den Aminosäuren. Wohl sind einige derselben seit langem faßbar (Tyrosin, Leucin, Asparagin), neuerlich auch Tryptophan und Histidin, doch allgemein nur dort, wo es durch lebhafte *Dissimilations*prozesse zu einer zeitweiligen Anhäufung einzelner dieser Substanzen kommt. Das theoretisch zu fordernde Wandern der Eiweißstoffe als Aminosäuren oder als Aminosäureanhydrid von einer Pflanzenzelle zur anderen sowie der Vorgang der Eiweiß*assimilation* wird infolge der jeweilig vorhandenen zu geringen Quantitäten mikrochemisch *nicht* faßbar sein, auch nicht nach der noch ausstehenden Anpassung der Behrensschen Methode der Aminosäurecharakterisierung als Kupfersalze an die Bedürfnisse der Pflanzenmikrochemie. Eine zahlenmäßige Begründung dieser Ansicht, wie sie für Punkt 1, 2 und 3 gegeben werden konnte, ist hier nicht möglich, erübrigt sich jedoch auch für denjenigen, der sich die schon unvergleichlichen analytischen Schwierigkeiten der Eiweiß*makro*chemie vor Augen hält.

Wenn in den angeführten vier Beispielen hauptsächlich nur die Verhältnisse der pflanzlichen Zelle berücksichtigt erscheinen, so hat dies einerseits seinen Grund darin, daß diese dem Verfasser, der selbst pflanzenmikrochemisch arbeitete, näher liegen, andererseits ist dies durch die Tatsache der weit geringeren Ausbildung einer „Mikrochemie für tierische Objekte" bewirkt. In treffender Weise betont in jüngster Zeit wiederum *H. Stübel*[16]), daß dieses Fehlen einer eigentlichen Tiermikrochemie großteils in der ganz anderen Organisation der Metazoenzelle bedingt sei. Gewiß wird die mikrochemische Methodik auch in der Tierphysiologie — besonders bei kleinen niederen Tieren — noch ausgedehnte Anwendung finden und eine gründliche Durcharbeitung erfahren[17]). Die optimistische Auffassung *Stübels* aber, daß die mikrochemische Methodik „an dem Hauptproblem, der Erforschung von Stoffwechselvorgängen von allgemeiner Bedeutung" in der Botanik wie Tierphysiologie *erst* in ihren Anfängen steht, kann auf Grund des Ergebnisses der oben beispielsweise herausgegriffenen und näher analysierten Einzelfälle wohl *nicht* geteilt werden. Hierin steht die Zoologie mit der Botanik auf einer Linie — nämlich in streng gebundener *Abhängigkeit* von der bisherigen *analytisch-chemischen Methode*, die sich für das Eindringen in die subtileren chemischen Zellvorgänge als zu wenig empfindlich erweist. Die mikrochemischen Reaktionen besitzen eine „Erfassungsgrenze" von durchschnittlich 0,01 γ—10 γ; für die *Zellmikrochemie* würden Reaktionen mit einer Erfassungsgrenze von 0,01 γ—0,000 001 γ die problemlösenden sein.

III.

Da also für die Erfassung der Stoffwechselzwischenprodukte und kurz aller jener für die Erkenntnis der Lebensvorgänge wichtigen Substanzen, die *keine* Reservestoffe und auch keine Exkrete und Sekrete darstellen, der Mikrochemie eine Grenze gesetzt ist und, wie eben begründet, gesetzt sein *muß*, sucht man in der Biologie bewußt oder unbewußt nach anderen Methoden, die diesem Ziel dienen sollen, so z. B. *Unna*[18]) mit der *Chromolyse* zur Charakterisierung von Eiweißkörpern, ferner *Keller*[19]) mit der Elektroanalyse. Trotz wertvoller Einzelergebnisse sind diese Methoden gegenüber dem *Gesamtproblem der mikrochemisch-physikalischen Analyse der Zelle* jedoch wenig aussichtsreich und mehr als ein Symptom des angestrengten Tastens und Suchens der Wissenschaft aufzufassen, in dieser Grundfrage einen Fortschritt zu erzielen.

Mit der Herstellung des jetzigen, leistungsfähigen Mikroskopes war im Grunde der gesamte Fortschritt in der Biologie gegeben, der von 1840 bis heute erreicht wurde. Die biologische Mikrochemie stellt nur eine Auswertung hiervon unter Benützung der Ergebnisse der analytischen Chemie dar. In *wesentlichen* Punkten scheint ein weiterer Fortschritt in der bisherigen Entwicklungsrichtung *nicht* möglich zu sein. Immer

[14]) *A. Pratje*, Die Chemie des Zellkernes. Biol. Zentralbl. *40*. Bd. (1920), S. 88—112.

[15]) *H. Brunswik*, Über den eindeutigen makro- und mikrochemischen Nachweis des Histidins am Eiweißkomplex. Ztschr. f. phys. Chmie *127*. Bd. (1923), S. 268—277 (Anhang).

[16]) *H. Stübel*, Histophysiologie. Jahresbericht über die gesamte Physiologie usw. *I*. Bd. (Bericht über 1920), Berlin 1923, S. 9.

[17]) Ein vom Verfasser (*H. Brunswik*, Über das Emulsin des Maikäfers, Mikrokosmos *16*. Jahrg., 1923, Heft 9) kürzlich ausgearbeitetes kleines Beispiel sollte in dieser Richtung mit dazu anregen.

[18]) *Unna, P. G.*, und *H. Fein*, Zur Chromolyse des pflanzlichen Kernkörperchens. Biol. Zentralbl. Bd. *41* (1921), S. 495—507. Siehe auch *Unna, Abderhalden*, Handl. d. biolog. Meth.)

[19]) *Keller, R.*, Die Elektropolarität histologischer Farbstoffe. Arch. f. mikrosk. Anatomie, 1. Abt., 1920 (1921), *95*, S. 61, 64. — Elektroanalytische Untersuchungen. Ebendort. — Neue Versuche über den mikroskop. Elektrizitätsnachweis. Wien, Braumüller, 1921.

dringlicher wird das Bedürfnis nach einer biologischen *Über-* bzw. besser gesagt *Untermethodik* zur chemisch-physikalischen Analyse. Das Mikroskop steht, wie uns theoretische Überlegungen sagen, schon längere Zeit an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit. Die Ultramikroskopie hat die in sie gesetzten Erwartungen auf *biologischem* Gebiete enttäuscht (*Gaidukov—Motusch*). Ebenso brachte die Mikroskopie bzw. Mikrophotographie mit U.-V.-Licht (*Köhler*) nichts wesentlich Neues. Worauf wären also dann von seiten der an den Fortschritt Glaubenden die Hoffnungen zu setzen?

Nirgendwo wäre es mißlicher zu prophezeien. Sicherlich ist, daß das von *Péterfi*[20]) ausgestaltete „mikrurgische Verfahren" neue Entwickelungs- und Analysemöglichkeiten in sich bergen könnte (Isolierungen usw.), wenn auch die methodische Begrenztheit jedes *mechanischen* Verfahrens nicht übersehen werden darf. — Ein anderer Weg, mehr chemischer Natur, liegt vielleicht in der Darreichung völlig *neutraler*, plasmaunschädlicher Verbindungen zur *vitalen* Aufnahme durch die Zellen, die dann für irgendeine chemische Reaktionskette in der Zelle als „abfangendes Reagens" im Sinne von *Neuberg* zu wirken hätten. Im *Dimedon* konnte *Neuberg*[21]) den ersten Vertreter dieses Tpyus herstellen — Verwendung fand er freilich erst *extra*zellulär (Hefegärung), doch macht *Neuberg* auf die Anwendbarkeit dieser Methode in der Phytochemie aufmerksam. Derartige Substanzen müssen jedenfalls wasser- und lipoidlöslich sein. Hiermit wäre für die Analyse der Pflanzenzelle zumindest ein Ersatz für das erreicht, was bei den höheren Tieren durch die *Injektion* in die Blut- oder Lymphbahn erzielt werden kann — eine Methode, die durch den *wesentlich* verschiedenen Aufbau eines höheren Tieres und einer höheren Pflanze bei dieser, ebenso wie die Inokulationsversuche (*Ciamician* und *Ravenna*), nie zu wirklich wertbaren Ergebnissen führen kann. Injektion und Inokkulation bei Pflanzen muß dort, wo sie wirksam ist, die lebenden Zellen gravierend schädigen, dort, wo sie aber nicht mehr schädigt, wirkt sie entweder nicht oder kann dasselbe viel besser durch vitale Aufnahme der betreffenden Substanz von vornherein erreicht werden.

[20]) *Péterfi, T.*, Das mikrurgische Verfahren. Die Naturw. *11*. Jahrg. (1923), S. 81—87.

[21]) *C. Neuberg* und *E. Reinfurth*, Ein neues Abfangverfahren und seine Anwendung auf die alkoholische Gärung. Biochem. Ztschr. Bd. *106*, S. 281—291 (1920).

IV.

Zusammenfassend läßt sich demnach sagen: So wertvoll und unentbehrlich die *mikrochemische* Methode für die verschiedensten Zweige der Naturwissenschaften ist (sei es als Mikrochemie im engeren Sinne, als Mineral-, Paläo-, physiologische, forensische, hygienische und pharmazeutische Mikrochemie), so wenig kann sie infolge zu geringer Empfindlichkeit und zu wenig subtiler Lokalisation als *biologische* oder *Zellmikrochemie* bei der Lösung der Stoffwechselprobleme und weiterhin der Formwechselfragen entscheidend mitwirken. Versuche in dieser Richtung *müssen* aus theoretisch *errechenbaren* Gründen zu völligem Mißerfolge führen. Ein Fortschritt gerade in diesem Punkte ist *nicht* zu erwarten. Das keineswegs zu Unterschätzende aber, was die Zellmikrochemie bisher erreicht hat, ist der Nachweis und die Lokalisationsermittelung von Reserve- und Gerüststoffen sowie von Sekreten und Exkreten der Zelle. Der unterschiedlichen Gesamtorganisation der Metaphyten- und Metazoenzelle ist es zuzuschreiben, daß die Zellmikrochemie (neben der physiologischen und pharmazeutischen Mikrochemie) im Pflanzenreich ein ungleich größeres Tatsachenmaterial erarbeiten konnte als auf zoologischem Gebiete.

Die Untermethode, die „Submikrochemie" jedoch, die zur Analyse des engeren Stoffwechsels und in weiterer Folge zu der des Formwechsels befähigt wäre, steht noch aus. Ohne schaffende Vorarbeit von Chemie und Physik kann ihre Entwickelung nicht gedacht werden. An die schrittweise Verwirklichung dieser — hypothetischen — Methode könnte dann — wie beim Mikroskop — wiederum ein *prinzipieller großer* Fortschritt der Biologie geknüpft sein.

Zur Ahnenfrage der Cirripedien.

Von Hjalmar Broch, Christiania.

Die Cirripedien oder Rankenfüßler — Seepocken und Entenmuscheln — nehmen unter den Krebstieren eine sehr abweichende Stellung ein, und ihre Verwandtschaft mit den übrigen Krebstieren ist in völliges Dunkel gehüllt. Nur insofern scheint unter den meisten Forschern Einigkeit zu herrschen, daß die gestielten Formen (die Entenmuscheln) die ursprünglicheren sind, wie ihre Organe in mehreren Beziehungen beweisen. Auf dieser Basis aber trennen sich die Forscher in zwei Lager, von denen die einen, sich auf embryologischen und biologisch-physiologischen Daten stützend, annehmen, daß die mit fünf Skelettplatten des Mantels (des Capitulums) bepanzerten Formen die primitiveren Zustände zeigen, während die anderen meinen, daß die mit zahlreichen Platten des Capitulums und des Stieles bewehrten Formen die ursprünglicheren sind, da sie in älteren geologischen Schichten vorherrschen.

Die embryologischen Daten zeigen, daß auch bei allen Entenmuscheln, die mit vielen Platten am Capitulum bewehrt sind (Scalpellidae), ein Jugendstadium durchgemacht wird, wo nur fünf

chitinige, sogenannte „Primordialplatten" auftreten, und erst später tauchen während der Verkalkung des Skelettes weitere „sekundäre", accessorische Platten des Capitulums und des Stieles (Stielschuppen) auf. Das deutet entschieden darauf hin, daß die Vorfahren der Scalpellidae nur fünf (chitinige) Capitulumplatten hatten. Da weiter auch die fünf entsprechenden Capitulumplatten der Lepadidae anfangs als ebensolche chitinige Primordialplatten angelegt werden, können wir mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit behaupten, *daß die gemeinsame Stammform der Cirripedia thoracica eine mit fünf chitinigen Mantelplatten bewehrte Krebsform gewesen ist.*

Es ist weiterhin von höchstem Interesse, jene geologisch auftretenden Formen, die von anderen Seiten her als Ahnenformen beurteilt werden, kritisch genauer zu untersuchen; diese Formen sind wegen ihrer zahlreichen Skelettplatten die Grundlage der entgegengesetzten Annahme, daß also alle rezenten thoracicen Cirripedien durch Reduktion des Skelettes entstanden sind. Da uns der englische Paläontolog *T. H. Withers* im Verlauf der letzten Jahre einige gewissenhafte Auseinandersetzungen darüber gegeben hat, ist auch von rein zoologischem Gesichtspunkte aus eine kurze Erörterung der Tragweite seiner Resultate von allgemeinem Interesse.

Im Jahre 1905 erschien eine französische „Monographie des Cirrhipèdes ou Thecostraces" von *A. Gruvel*, der in einem einleitenden Abschnitt ganz kursorisch die alte Theorie verteidigt, daß die Vorfahren der jetzigen Cirripedien mit zahlreichen Platten gänzlich gepanzert wären. Als Belege der Theorie und als Illustrationen der Ahnenformen zieht er die fossilen Gattungen *Turrilepas* (Fig. 1 a) und *Loricula* (= *Stramentum*) (Fig. 2) heran; seine Abbildungen sind etwas schematisch nach den paläontologischen Originalabhandlungen wiedergegeben. In seiner grundlegenden Arbeit über amerikanische Seepocken führt *Henry A. Pilsbry*[1]) für diese Gattungen daraufhin die Gruppe der *Turrilepadomorpha* ein. — Eben diese Formen aber haben ein merkwürdiges Schicksal gehabt, dank den unermüdlichen und gewissenhaften Studien von *T. H. Withers*[2]).

Die merkwürdigen, gepanzerten Tierformen *Turrilepas* und *Lepidocoleus* (Fig. 1) wurden anfangs als Urmollusken (Chitonen) aufgefaßt, später aber zu den Cirripedien gezogen. Wie aus den Zeichnungen hervorgeht, sind sie mit einem kräftigen Panzer ziemlich gleichförmiger Platten bedeckt, und der Querschnitt zeigt, daß *Lepidocoleus* nur zwei, *Turrilepas* dagegen vier Plattenreihen besitzt (*Gruvel* gibt für die letztere acht Plattenreihen an). Ein Auseinanderklaffen kann, wenn es stattgefunden hat, nur entlang der scharfen „Ventralkante" erfolgt sein. Wie *Withers* sagt, ist eine Ähnlichkeit mit den Cirripedien bei diesen Formen nicht nachweisbar, und ihre Zugehörigkeit zu dieser Gruppe ist mehr als problematisch; man folgt in der Tat nur dann dem richtigen Kurs, wenn man sie aus der Cirripediengruppe entfernt und unter den Tierformen *„incertae sedis"* einordnet. Jedenfalls muß man einräumen, daß ihre Einreihung in der Ahnenreihe der Cirripedien verfehlt und wissenschaftlich nicht vertretbar ist.

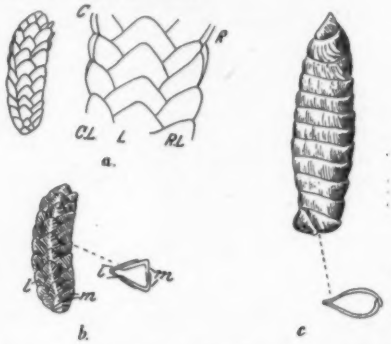


Fig. 1. a) *Gruvels* Auffassung von *„Turrilepas Wrightii, H. W."*, links das ganze Tier, rechts die vermeintlichen Plattenreihen: C = carinale, $C.L.$ = carinolaterale, L = laterale, $R.L.$ = rostrolaterale und R = rostrale Schuppenreihen (nach *Gruvel* 1905). — b) Die nämliche Art, *Turrilepas wrightiana, de Koninck* sp. nach *Withers* (1915), rechts in Querschnitt. l = laterale Plattenreihen, m = mediane, gekielte Platten. — c) *Lepidocoleus sarlei J. M. Clarke*; unten Querschnitt (nach *Withers* 1915).

Noch interessanter wird die Frage betreffs *Stramentum* (*Loricula*). Von diesen Tierformen — es sind schon mehrere Arten bekannt geworden — können wir mit Sicherheit sagen, daß sie zu den Cirripedien gehören. — Die Zeichnung, die von *Gruvel* gegeben worden ist (Fig 2 a), ist eine etwas subjektivistische Idealisierung. Die klaffende Lücke zwischen zwei der Platten dürften ihn, wie *Withers* sagt, gewarnt haben, daß hier möglicherweise Defekte vorhanden seien. Schon *Darwin* ist in seiner Monographie der fossilen Cirripedien auf *Loricula pulchella Sowerby* eingegangen und deutet die Platten (von rechts nach links) als Scutum, Latus superius und Latus carinale, d. h. *Darwin* nimmt an, daß zwischen den auseinanderspreizenden Platten ein Tergum vorhanden gewesen ist, ebenso wie an der äußersten linken Seite eine Carina, an der rechten ein Rostrum. Diese Deutung scheint *Gruvel* entgangen zu sein. — Es ist nunmehr *Withers* gelungen, vollständige Exemplare von *Stramentum*

[1]) The sessile Barnacles (Cirripedia) contained in the collections of the U. S. National Museum; including a monograph of the American species. *Smithsonian Institution U. S. National Museum, Bulletin 93, Washington 1916.*

[2]) a) Some Palaeozoic Fossils referred to the Cirripedia. *Geological Magazine, N. S., Decade VI, Vol. II, London 1915.* b) The Cirripede Genus Stramentum (Loricula): its History and Structure. *Annals and Magazine of Natural History, Ser. 9, Vol. V, London 1920.*

nachzuweisen; seine Abbildung eines vollständigen *Stramentum pulchellum* ist hier zum Vergleich als Umrißzeichnung wiedergegeben (Fig. 2 c); *Darwins* Annahme wird hier glänzend bestätigt, indem jedoch ein Rostrum fehlt. Man erkennt hier sofort eine überraschende Ähnlichkeit mit stärker gepanzerten Scalpellidae; auch die Entstehungszone der Stielschuppen am Übergang von Stiel zu Capitulum ist für *Stramentum* und den Scalpellidae gemeinsam, und man würde die Gattung der Entwicklungslinie *Calantica—Mitella* ohne weiteres seitlich anreihen, falls nicht die Carina bei Stramentum einen abweichenden Charakterzug zeigte: sie ist in zwei parallele lineare Platten der Länge nach gespalten.

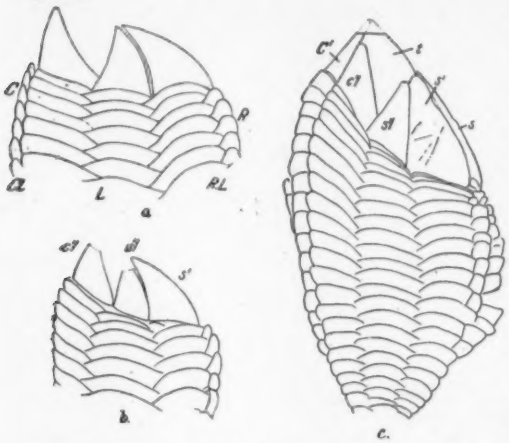


Fig. 2. *Stramentum (Loricula) pulchellum, G. B. Sowerby sp.* a) in *Gruvels* Wiedergabe. *C* = carinale, *C. L.* = carinolaterale, L = laterale, R. L. = rostrolaterale und *R* = rostrale Schuppen; Capitulumplatten „fangen bei dieser Art erst an zu erscheinen". b) Konturzeichnung der nämlichen Partie des Originalexemplars, c) Umriß eines vollständigen Individuums (beide nach *Withers* 1920). *c'* = Carina, *c'l* = carinolaterale, *s'l* (*u'l*) = superior laterale, *t'* = Tergum und *s'* = Scutum der linken Seite, *s* = Scutum der rechten Seite.

Es entsteht hier die Frage, ob die gespaltene Carina einen primitiven Charakterzug darstellt oder nicht, oder mit anderen Worten, ob *Stramentum* in der Ahnenreihe der rezenten Cirripedien einzureihen sei. — Hiergegen spricht in erster Linie die Tatsache, daß bei allen bis jetzt untersuchten lepadomorphen Cirripedien die embryologische (chitinige primordiale) Carina immer nur als eine ungeteilte Platte entsteht. Wir müssen uns deswegen überlegen, ob die zweigespaltene Carina in anderer Weise entstanden sein kann. Zwei Möglichkeiten wären dann denkbar. Einerseits, daß die als Carina angesprochenen Platten von *Stramentum* gar nicht der Carina entsprechen, sondern daß sie vielmehr den Terga der *Ibla*-Arten homolog seien, und daß somit eine wirkliche Carina fehlt. Dann müßten wir uns eine Entwicklung von einer *Mitella* ähnlichen Form denken, wo die Carina unterdrückt ist, und zwei Lateren (Latus carinale und Latus inframedium) hinter Tergum beständen. Aber Form und Lage der Platten scheinen einer solchen Deutung zu widersprechen. Andererseits ergibt sich eine ganz andere Erklärungsweise durch das Studium der rezenten Scalpellidae, besonders der Gattungen und Arten von *Calantica, Smilium* und *Scalpellum*. Man beobachtet bei vielen dieser Arten, daß die Carina eine besondere Gestaltung annimmt, indem die Seitenpartien verdickt, die mediane Partie dagegen entlang der Dorsallinie dünner ist; eine weitere Entwicklung in dieser Richtung würde dann zu einer gespaltenen Carina führen, eben wie wir sie bei *Stramentum* antreffen.

Die neueren Untersuchungen deuten darauf hin, daß jedenfalls *Calantica* unter den rezenten Gattungen die ursprünglichste unter den Scalpellidae ist, von der sich die übrigen Scalpelliden zwanglos ableiten lassen. Die oben gegebenen Erwägungen zeigen uns, daß auch *Stramentum* mit Wahrscheinlichkeit von *Calantica* (oder *Scillaelepas)* herzuleiten ist; ein genaueres Studium der Skelettverhältnisse scheint auch diese Annahme durchaus zu stützen. Hieraus ergibt sich sofort, daß *Stramentum* (*Loricula*) keine Ahnenform der rezenten Cirripedien darstellen kann, sondern daß die Gattung vielmehr einen Seitenzweig der Scalpellidae vertritt, der auch kaum als eine eigene Familie aufgefaßt werden kann, geschweige denn als eine eigene Gruppe der Thoracicae neben den Lepadomorpha, Verrucomorpha und Balanomorpha. —

Man hat oft danach gefragt, welche phylogenetische Rolle dem Cyprisstadium der Cirripedien beizumessen ist. Gewöhnlich spricht man ihm jede Bedeutung ab. Auch die Anatomie des Cirripedienkörpers bietet rätselhafte Züge dar, die den vergleichenden Anatomen Schwierigkeiten bereiten, ohne daß sie von den Phylogenetikern verwertet worden sind. Hier werden wir uns nur die Frage nach dem Abdominalabschnitt vor Augen halten.

Als Abdominalabschnitt deutet man die winzige Körperpartie hinter den sechs Cirrenpaaren — diese Partie ist oft ganz rudimentär oder sogar fehlend — und dem gewöhnlich mächtig entwickelten Penis. Es dürfte immerhin der Schluß unabweisbar sein, daß die Cirripedienvorfahren ähnlich anderen „normalen" Krebstieren ein wohlentwickeltes Abdomen hatten. Wir müssen somit den Besitz eines besser entwickelten abdominalen Körperteils als einen phylogenetisch primitiven Charakterzug deuten.

Viele werden hier wohl fragen: gibt es denn auch Cirripedien, die ein deutliches Abdomen haben? Diese Frage muß tatsächlich bejaht werden. Erstaunlich ist es immerhin, daß mehrere parasitische Ascothoracicae ein wohlentwickeltes Abdomen besitzen, das bei solchen merkwürdigen Formen wie *Synagoga* und *Laura* — deren Cirri-

pediennatur mitunter etwas fraglich erscheinen kann — nicht nur gut entwickelt, sondern auch

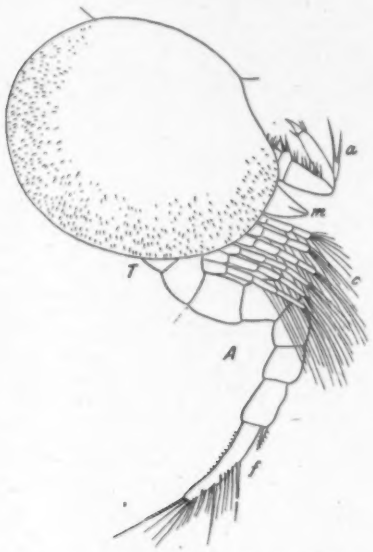


Fig. 3. *Synagoga mira Norman* (Umrißzeichnung nach *Norman* 1913). T = Thoraxpartie, A = Abdominalpartie. a = Antennulae, m = Mundkegel, c = Cirren und f = Furca.

mit Furcalanhängen ausgestattet ist. Ganz besonders interessant ist hier die von *Norman*[3]) eingehender beschriebene *Synagoga*, die an Antipatharien bei Neapel gefunden worden ist.

Das Tier (Fig. 3) hat freie Antennulae, die zum Festhalten des Tieres gut geeignet sind. Der Thorax ist mit sechs Paar Spaltfüßen ausgestattet, und hinter dem Thorax hat das Tier einen fünfgliedrigen Abdomen, dem hinten zwei wohlentwickelte, mit Borsten reichlich ausgestattete Furcalanhänge angehängt sind. Cephalothorax ist in einer chitinigen, zweiklappigen Schale eingeschlossen, und hierin erinnert das Tier nicht nur an die mit Abdomen versehenen Larven der deformierten *Dendrogaster*arten, sondern auch an die Cyprislarven der übrigen Cirripedien überhaupt, obwohl den letzteren ein wohlentwickeltes Abdomen nicht zukommt. Leider ist die Gattung bis jetzt nur in wenigen, in Alkohol fixierten Exemplaren bekannt, so daß man über die innere Organisation nichts erfahren konnte, so z. B. auch nicht, inwieweit solche charakteristischen Cirripedienorgane, wie Zementdrüsen, vorkommen. Immerhin stehen wir aber hier einem Typus gegenüber, der mehrere Cirripedienmerkmale mit allgemeinen Krebstiercharakteren vereinigt, und es liegt nahe, in mehreren Richtungen *Synagoga* als Illustration des wahrscheinlichen Krebstiertypus heranzuziehen, von dem sich die Cirripedien entwickelt haben.

Vorläufig möchte ich nur die Aufmerksamkeit der Forscher auf diese Arbeitshypothese lenken. Unsere Kenntnisse von *Synagoga* sind leider zurzeit viel zu mangelhaft um definitive Urteile zu fällen; ein Vergleich mit anderen Krebstiergruppen wie auch mit den übrigen Cirripedien läßt sich erst dann durchführen, wenn weiteres Material von *Synagoga* zu einer eingehenden anatomischen Untersuchung Gelegenheit gibt.

[3]) Synagoga mira, a Crustacean of the order Ascothoracica. *Transactions of the Linnean Society of London, 2. Ser. Zoology, Vol. 11, London 1913.*

Physikalische Mitteilungen.

Die Isotopie der Elemente. Über die allgemeine Isotopie der chemischen Elemente ist in den Naturwissenschaften bereits früher berichtet worden (Naturwissenschaften *8*, S. 289, 607 und 727, 1920), ferner möchte ich an dieser Stelle auf das lesenswerte Buch von *Aston* über „Isotope" hinweisen, das jetzt in deutscher Übersetzung beim Verlage Hirzel erschienen ist. Neuerdings nun ist im Maiheft des Philosophical Magazine eine weitere Arbeit *Astons* erschienen, die die Liste der bis jetzt auf Isotopie untersuchten Elemente vervollständigt. Die von ihm benutzte Apparatur ist im wesentlichen dieselbe geblieben: Bekanntlich untersucht *Aston* in seinem sog. Massenspektrographen ein feines Kanalstrahlenbündel und kann dabei mittels einer gleichzeitigen Ablenkung durch ein elektrisches und ein magnetisches Feld mit einer Genauigkeit von 0,1 % auf das Atomgewicht der Elemente schließen. Hier ergab sich dann das bemerkenswerte Resultat, daß alle Atomgewichte ganzzahlig waren, die Elemente aber, deren Atomgewichte nach chemischen Methoden sich als nicht ganzzahlig herausgestellt hatten, erwiesen sich als Gemische von Isotopen. Eine kleine Abweichung von dieser Ganzzahligkeit konnte *Aston* bereits beim Wasserstoff feststellen, dessen Atomgewicht sich in sehr guter Übereinstimmung mit chemischen Methoden zu 1,008 ergab. Jetzt glaubt er auch eine solche beim Zinn gefunden zu haben. Zwar unterscheiden sich die acht Isotope des Zinns genau um ganze Einheiten im Atomgewicht, ein Vergleich jedoch mit den Isotopen des Edelgases Xenon zeigte, daß alle Isotope des Zinns ein um etwa 0,2 zu niedriges Atomgewicht hatten. Eine Erklärung für diese Abweichung läßt sich jetzt noch nicht geben und man muß weitere Versuche abwarten. Die folgende Tabelle enthält nun die vollständige Liste der bis heute nach der Methode der Kanalstrahlenanalyse auf Isotopie untersuchten Elemente.

Die Arbeiten *Astons* scheinen hiermit zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein, denn die Arbeitsmethode verlangt, daß die Elemente in genügender Menge im gasförmigen Zustand vorhanden sind. Bereits bei den letzten Untersuchungen hat *Aston* zu organischen Verbindungen greifen müssen, um eine hinreichende Flüchtigkeit der Substanz zu erzielen. Hierdurch erschwert sich jedoch die richtige Identifizierung der Isotope.

Deshalb dürften wohl jetzt schon einige „statistische"

Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Atomgewicht	Anzahl der Isotopen	Atomgewichte der Isotopen
1	H	1,008	1	1
2	He	4,00	1	4
3	Li	6,94	2	7; 6
4	Be	9,0	1	9
5	B	10,9	2	11; 10
6	C	12,00	1	12
7	N	14,008	1	14
8	O	16,000	1	16
9	F	19,00	1	19
10	Ne	20,20	2	20; 22
11	Na	23,00	1	23
12	Mg	24,32	3	24; 25; 26
13	Al	26,96	1	27
14	Si	28,3	2	28; 29; (30)
15	P	31,04	1	31
16	S	32,06	1	32
17	Cl	35,46	2	35; 37
18	A	39,88	2	40; 36
19	K	39,10	2	39; 41
20	Ca	40,07	2	40; 44
26	Fe	55,84	(2)	56; (54?)
28	Ni	58,68	2	58; 60
30	Zn	65,37	4	64; 66; 68; 70
33	As	74,96	1	75
34	Se	79,2	6	80; 78; 76; 82; 77; 74
35	Br	79,92	2	79; 81
36	Kr	82,92	6	84; 86; 82; 83; 80; 78
37	Rb	85,45	2	85; 87
50	Sn	118,7	7 (8)	120; 118; 116; 124; 119; 117; 122; (121)
51	Sb	121,77	2	121; 123
53	I	126,92	1	127
54	Xe	130,2	7	129; 132; 131; 134; 136; 128; 130
55	Cs	132,81	1	133
80	Hg	200,6	(6)	(197—200); 202; 204

Betrachtungen über das Auftreten von Isotopie im periodischen System der Elemente gerechtfertigt erscheinen. Der Kanalstrahlenanalyse sind im ganzen 34 Elemente mit Erfolg zugänglich gewesen; rechnet man noch die zehn radioaktiven Elemente hinzu, so ist also bereits fast die Hälfte der chemisch verschiedenen Elemente auf Isotopie untersucht worden. Bei den übrigen Elementen ist zu berücksichtigen, daß von diesen fünf überhaupt noch unbekannt sind und ein großer Anteil auf die seltenen Erden entfällt, deren Untersuchung auf Isotopie sich auch künftighin schwierig erweisen dürfte. Von diesen 34 nichtradioaktiven Elementen sind nun 79 Isotope bekannt, die sich jedoch sehr ungleich auf die einzelnen Elemente verteilen. So zeigt sich zunächst, daß alle Elemente mit ungerader Ordnungszahl sehr wenig Isotope besitzen, in keinem Falle sind mehr als zwei festgestellt worden, und selbst Elemente mit hoher O.-Z. stellten sich als einfach heraus. Ferner haben hier 20 Isotope ein *ungerades* Atomgewicht und nur bei den drei niedrigsten Elementen, Li, B und N, kommen auch Isotope mit *geradem* A.-G. vor. Im Gegensatz hierzu haben sich die Elemente mit *gerader* O.-Z. als sehr isotopenreich erwiesen. Insbesondere die Elemente mit hoher O.-Z. haben im Durchschnitt etwa 6 Isotope, die sich bis zu 8 Einheiten im Atomgewicht unterscheiden. Ein größerer Unterschied ist auch bei den radioaktiven Elementen bis jetzt noch nicht festgestellt worden. 18 Elemente mit gerader O.-Z. liefern nun bereits 56 Isotope (71 %), bei denen aber jetzt das gerade Atomgewicht bedeutend überwiegt (bei 45 Isotopen); nur 11 Isotope (14 %) haben auch hier ein ungerades A.-G. Es gelten also die beiden Regeln: Elemente mit *ungerader* Ordnungszahl sind isotopenarm, haben aber fast ausschließlich *ungerades* Atomgewicht. Elemente mit *gerader* O.-Z. hingegen sind isotopenreich und besitzen hauptsächlich Isotope mit einem *geraden* A.-G. Diese Regeln dürften sich vielleicht mit der Frage der Stabilität der Elemente in Zusammenhang bringen lassen, denn auch die Häufigkeit des irdischen Vorkommens der einzelnen Elemente scheint sich diesen Regeln einzuordnen.

Nimmt man nun an, daß auch bei den nichtradioaktiven Elementen sich ähnliche Zerfallsreihen aufstellen lassen, wie es bereits bei den radioaktiven gelungen ist, und fügt man nur zu der α-Abspaltung (Helium) und der β-Abspaltung (Elektron) im Sinne der Rutherfordschen Versuche eine Wasserstoffabspaltung hinzu, so müssen sich im Atomgewicht ganz bestimmte Regelmäßigkeiten ergeben. Bekanntlich erniedrigt sich ja bei einer Heliumabspaltung die Ordnungszahl um *zwei* Einheiten und das Atomgewicht gleichzeitig um *vier* Einheiten, bei einer Wasserstoff-

abspaltung müßte sich dann sowohl Ordnungszahl als auch Atomgewicht nur um je *eine* Einheit erniedrigen. Unter diesen Gesichtspunkten ist es interessant festzustellen, daß bei einer ganzen Reihe von Elementen die *Atomgewichte abwechselnd um 1 und um 3 sich unterscheiden*; z. B. die Reihe der Atomgewichte der ersten zwanzig Elemente: 4 (Helium), 7, (9), 11, 12, (14), 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40 (Calcium). (Liegen mehrere Isotope des Elementes vor so ist das häufigere gewählt worden.) Eine andere Reihe beginnt etwa beim Sc: 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64 (Zn). Um aber aus solchen Atomgewichtsreihen auf die tatsächliche Genesis der Elemente schließen zu können, reichen die vorliegenden experimentellen Versuche allerdings noch nicht aus. *R. Mecke.*

Die Totalreflexion der Röntgenstrahlen. (*A. H. Compton*, Phil. Mag. 45, 1121, 1923.) Von *Stenström* sind bei Spektraluntersuchungen der Röntgenstrahlen zuerst Abweichungen von der Braggschen Beziehung

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\alpha$$

beobachtet worden, wenn Röntgenstrahlen von großer Wellenlänge benutzt wurden. Später sind von anderer Seite (*Siegbahn, Duane, Patterson* und *Hjalmar*) auch bei kurzwelligeren Röntgenstrahlen solche Abweichungen beobachtet worden, die sich bei Wellenlängenmessungen nach der Braggschen Formel dadurch bemerkbar machen, daß die Wellenlänge verschieden herauskommt, wenn man zu ihrer Bestimmung verschiedene Ordnungen benutzt.

Diese Abweichungen lassen sich durch eine Brechung der Röntgenstrahlen im Kristall erklären. Sind α und λ Glanzwinkel und Wellenlänge außerhalb des Kristalls und α' und λ' die entsprechenden Werte im Kristall, so ist nach dem Brechungsgesetz

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \mu \text{ und } \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} = \mu$$

oder für kleine Unterschiede von α und α':

$$\frac{\sin\alpha'}{\sin\alpha} = \frac{1}{\mu}\left(1 - \frac{1-\mu}{\sin^2\alpha}\right)$$

Da die Braggsche Beziehung im Innern des Kristalls streng gelten muß, so wird

$$n\lambda' = 2d \cdot \sin\alpha'$$

also

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\alpha\left(1 - \frac{1-\mu}{\sin^2\alpha}\right)$$

Aus dieser Beziehung läßt sich die Wellenlänge bei bekanntem Brechungsexponenten bestimmen, oder wenn die Beobachtungen für zwei verschiedene Ordnungen ausgeführt werden, Wellenlänge und Brechungsexponent ermitteln. Die Formel für den letzteren lautet dann:

$$1 - \mu = \delta = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2} \cdot \frac{n_2^2}{n_2^2 - n_1^2} \cdot \sin^2\alpha_1$$

wo λ_1 und λ_2 die aus der unkorrigierten Braggschen Formel berechneten Wellenlängen sind, die sich aus Messungen in der n_1- und n_2-Ordnung ergeben und wo α_1 der Glanzwinkel für die n_1-Ordnung ist.

Diese Gleichungen sind imstande, die experimentell gefundenen Abweichungen von der Braggschen Beziehung darzustellen.

Interessant ist es nun, daß sich die so ermittelten Brechungswerte nach der Dispersionsformel der klassischen Elektronentheorie berechnen lassen.

Wenn man in der für wenig von 1 abweichende Brechungsexponenten gültigen Drude-Lorentzschen Dispersionsformel:

$$\delta = 1 - \mu = \sum \frac{n_r e^2}{2\pi n_r (\nu^2 - \nu_r^2)} \quad \ldots \quad (1$$

(n_r Zahl der in der Volumeneinheit mit der Eigenfrequenz ν_r schwingenden Elektronen, ν Frequenz der einfallenden Strahlung — die Frequenzen sind hier einfach reziproke Wellenlängen —, e und m Elektronenladung und -masse) ν_r gegen ν vernachlässigt, wie es bei sehr kurzwelligen Strahlen möglich ist, so wird

$$\delta = \frac{n \cdot e^2}{2\pi m \nu^2} \quad \ldots \quad (2$$

wo jetzt n die in der Volumeneinheit vorhandene Zahl von schwingungsfähigen Elektronen ist. Diese Zahl wird gleich der in allen Atomen der Volumeneinheit überhaupt vorhandenen Elektronen, also für jedes Atom gleich seiner Ordnungszahl gesetzt und so der Brechungsexponent für Kalkspat gefunden

bei $\lambda = 1{,}473$ Å	$\delta = 1 - \mu = 8 \cdot 10^{-6}$
1,279 „	$6 \cdot 10^{-6}$
1,096 „	$4{,}5 \cdot 10^{-6}$

während nach *Duane* und *Patterson* aus den Abweichungen vom Braggschen Gesetz der Reihe nach $8 \cdot 10^{-6}$, $10 \cdot 10^{-6}$ und $3 \cdot 10^{-6}$ herauskommen würde.

Da der Brechungsexponent kleiner als 1 ist, muß beim Übergang von Luft in einen anderen Körper bei geeignet streifendem Eintritt Totalreflexion auftreten. Der Winkel der Totalreflexion ergibt sich aus

$$\cos\Theta = \mu = 1 - \delta = 1 - \frac{n e^2}{2\pi m \nu^2}$$

und berechnet sich z. B. für Crownglas von der Dichte 2,52 und der Zusammensetzung $CaO \cdot Na_2O \cdot 2\,SiO_2$, da $\delta = 5{,}2 \cdot 10^{-6}$, zu $\Theta = 11'$ bei einer Wellenlänge von 1,279 Å. Das ist ein Wert, der durchaus meßbar ist.

Der Versuch wurde mit einer Spiegelglasplatte auf einem Goniometer mit dünnem Röntgenstrahlbündel (Öffnung 2') ausgeführt. Der reflektierte Strahl trat in die hinter einem mikrometrisch verstellbaren Spalt befindliche Ionisationskammer ein. Die vorausgesagte Totalreflexion wurde aufgefunden und zu etwa 10' bestimmt.

War die Platte versilbert, so ergab sich ein Wert von 22,5'. Daß wirklich Reflexion vorlag, wurde dadurch bestätigt, daß das reflektierte Büschel nahezu die gleiche Intensität (1 : 0,91) hatte wie das auffallende.

Die Berechnung des Brechungsindex für Crownglas ist unbedenklich nach der vereinfachten Dispersionsformel auszuführen, da die Frequenz der benutzten Strahlung erheblich größer war als die der K-Strahlung des schwersten Elementes im Glase, des Calciums.

Beim Silber jedoch liegt die benutzte Wellenlänge zwischen K- und L-Strahlung des Silbers. Es wird daher die Eigenfrequenz in den beiden innersten Ringen in Rechnung gezogen. Nimmt man die mittlere K-Wellenlänge zu 0,39 Å, die mittlere L-Wellenlänge zu 2,9 Å an und setzt die Zahl der Elektronen im K-Ring gleich 2, die im L-Ring gleich 8, so wird der Wert von δ aus Gleichung (1) $19{,}8 \cdot 10^{-6}$, während die vereinfachte Gleichung (2) $20{,}3 \cdot 10^{-6}$ ergeben würde. Der Unterschied ist also so gering, daß selbst hier nach der einfachen Formel gerechnet werden kann. Die Übereinstimmung ist auch hier mit dem Experiment recht gut.

Folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Resultate:

Substanz	Dichte	Wellenlänge Å	Winkel d. Totalrefl.	$\delta = 1 - \mu$ exp.	$\delta = 1 - \mu$ aus Dispersionsgl.
Glas..	2,52	1,279	10′	$4{,}2 \cdot 10^{-6}$	$5{,}2 \cdot 10^{-6}$
Glas..	2,52	0,52	4′	$0{,}9 \cdot 10^{-6}$	$0{,}7 \cdot 10^{-6}$
Silber	10,5	1,279	22,5′	$21{,}5 \cdot 10^{-6}$	$19{,}8 \cdot 10^{-6}$

Tatsächlich findet sich also bei den untersuchten Substanzen ein Brechungsexponent der ungefähren durch die klassische Elektronentheorie angegebenen Größe. Gleichzeitig liefert die Übereinstimmung eine von sonstigen Bestimmungen unabhängige Bestätigung der Annahme, daß die Zahl der Elektronen im Atom eines Elementes gleich der Ordnungszahl ist.

Wegen der interessanten Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden *L. Grebe.*

Die Brille und ihre Herstellung. (*Spectacles and spectacle construction.* Trans. Opt. Soc. 1922/23, 24, 72—109.) Es handelt sich hier um den maßgebenden Bericht über die am 30. November v. J. abgehaltene Sitzung der Gesellschaft. Sie war der Brillenkunde gewidmet und mit einer Ausstellung von Geräten und Vorrichtungen für Brillenmacher verbunden. Dieser Bericht berücksichtigt die Arbeiten nach ihrer Reihenfolge. — *W. A. Dixey, Some recent developments in spectacle lenses.* 72—5, +. Bericht eines älteren Mitgliedes des Gewerbes über die Gläserformen (und Annäherungen an sie), die bei uns als *punktuell abbildende* bezeichnet werden würden. Zum Schluß geht er auf Schutzgläser gegen kürzestwellige Strahlen ein. Als Werkstoff seien *Crookes A* und *Crookes A*$_2$ in England schon lange bekannt und würden auch vielfach verwandt. Auch *Filtrayglas* (französischer Herkunft) und *Vitrexglas* seien verwendbar; doch ziehe er die Crookesischen Glasarten ihrer Herkunft halber vor. — *O. P. Raphael, Standards of accuracy for ophthalmic prescriptions.* 75—8. Die Brillenwerke litten gelegentlich unter ungebührlichen Genauigkeitsforderungen ihrer Wiederverkäufer; die Aufstellung brauchbarer Genauigkeitsgrenzen sei erwünscht. — *W. Swaine, Paraxial actions of ophthalmic lenses.* 79—89 +. Wünscht die Aufmerksamkeit auf die Fehlerhäufung zu richten, die auf die verschiedenen Vernachlässigungen bei der Brillenanpassung folgen könne. — *Henry C. Raxworthy, The „Ocentric" eyeglass.* 89—92, 7 +. Das Wort *Ocentric* gehe auf *Orthocentric* zurück, und er wolle die verschiedenen Formen dieser Klemmeranlage beschreiben, die eine sehr genaue Anpassung der Gläser nach den Voraussetzungen für die Rechnung gestatteten. — *M. v. Rohr, On the available means for correcting cases of considerable anisometropia.* 92—6, 3 +. Es handele sich um die Entscheidung in der Frage, ob man in Fällen beträchtlicher Ungleichsichtigkeit (bis zu 20 dptr) größeres Gewicht auf die Übereinstimmung der Netzhautbildgröße oder der Augendrehwinkel zu legen habe. Zum Ausgleiche brauche man Verbindungen von zwei oder gar drei kuglig begrenzten Gläsern, wenn die Ungleichsichtigkeit wirklich beträchtlich sei. Ziffernwerte für die Unterschiede der Drehwinkel beider Augen werden angegeben, da man neuerdings der Aufhebung dieses Unterschiedes ein besonderes Gewicht beilege. — *A. Whitwell, On the best form of spectacle lenses for the correction of small amounts of anisometropia.* 96—101, +. Eine ähnliche Aufgabe wie in dem vorhergehenden Falle wird unter Beschränkung auf geringe Ungleichsichtigkeiten und einfache Brillengläser behandelt. Die Mittel zur Erreichung seines Zweckes seien 1. die Durchbiegung, 2. die Änderung des Brechungsverhältnisses der benutzten Glasart, 3. die Änderung des Abstandes a' zwischen innerem Brillenscheitel und Augendrehpunkt, 4. die Änderung der Mitteldicke des Brillenglases, 5. eine Dezentration der Linsen. In der vorliegenden Arbeit wird für Linsen von + 4, + 2, — 2, — 4 dptr der Gang der prismatischen Ablenkung für $w' = 20°$ in seiner Abhängigkeit von der Durchbiegung der Linse untersucht und der Zusammenhang der prismatischen Ablenkung mit der Brechkraft der zweiten Fläche der Brille in vier Kurvendarstellungen festgelegt. Aus dem Verlaufe der Kurven ließen sich gewisse Regeln für die Linsengestaltung ableiten. Auch die Möglichkeit 3 wird für $D = 4$ dptr untersucht und ein sehr deutlicher Einfluß des a'-Wertes festgestellt. Eine Auseinandersetzung über die Möglichkeit, neben dieser Winkelforderung auch die Punktmäßigkeit der Abbildung zu erzielen, macht den Schluß des Aufsatzes. — Wird an dieser Stelle die Besprechung des Aufsatzes von *M. Dobson* über unblutige Schielbehandlung übergangen, so folgt *J. H. Gardiner, Sir William Crookes' anti-glare glasses.* 103—3. Geschichtliche Angaben über die Crookesischen Arbeiten, die von Brillen zu möglichster Verhütung des Glasbläserstars ausgingen, von dem jüngst verstorbenen *H. Powell* fortgesetzt wurden und jetzt von dem Vortragenden gefördert werden. Die Herstellung von Glasarten, deren Dämpfungswirkung auf die kürzestwelligen Strahlen zu beschränken sei, wäre unerwarteten Schwierigkeiten bei der Herstellung begegnet, die nun aber hoffentlich überwunden würden. In der Besprechung wurden Bedenken laut, ob die möglichst vollständige Dämpfung der kürzestwelligen Strahlen wirklich die Hauptaufgabe des Schutzglases sei, und ob nicht eher die Schwächung allzu großer Helligkeit sichtbarer Strahlen erstrebt werden solle. Auch habe *W. Crookes* ursprünglich für Glasbläser gerade die längerwelligen Strahlen beeinträchtigen wollen, doch höre man von dieser Seite der Aufgabe jetzt nichts mehr. — *Herbert S. Ryland, The manufacture of gold-filled spectacle frames.* 103—9, 8 +. Neuzeitige Herstellungsweisen der bei uns als *Doublébrille* bezeichneten Fassungsart werden beschrieben und verschiedene Arbeitsgänge an Hand von Zeichnungen auseinandergesetzt. Zum Schluß wird auf die Möglichkeit hingewiesen, die heutigen rostfreien Stahlarten zur Herstellung von Brillengestellen zu verwenden.

M. v. Rohr.

Paramagnetismus und Quantentheorie. Kürzlich hat *B. Cabrera* in einem ausführlichen Artikel im Journal de Physique auf Grund eigener und fremder Beobachtungen den Atommagnetismus verschiedener Salze der Metalle der Eisengruppe bestimmt. Dabei benutzte Cabrera die bekannte Langevinsche Formel für die Susceptibilität:

$$4\pi\chi = \frac{N m^2}{3 k T}$$

Aus der experimentell bestimmten Susceptibilität berechnete *Cabrera* auf Grund dieser Formel den Wert m eines Ions oder Atoms; dabei legt er als Einheit für das magnetische Moment eines Atoms das sogenannte Weißsche Magneton zugrunde.

Paul S. Epstein zeigt nun in einem Artikel in der Science (Vol. *LVII*, Nr. 1479, 4. Mai 1923), daß die Ergebnisse von *Cabrera* auch auf Grund der Quantentheorie, d. h. also mit Hilfe des Bohrschen Magnetons gedeutet werden kann. Er geht dabei von der von

W. Pauli in der Physikalischen Zeitschrift 1920 auf Grund der Quantentheorie abgeleiteten Formel für die Susceptibilität aus:

$$4\pi\chi \frac{(j+1)(2j+1)}{6j^2} \frac{N m'^2}{kT}$$

Dabei stellt j die sogenannte innere Quantenzahl des Atoms und m' das Bohrsche Magneton dar, welches als Funktion der inneren Quantenzahl j bekanntlich durch folgenden Ausdruck gegeben ist:

$$m' = j \frac{\sigma h}{4\pi\mu}$$

Der Unterschied zwischen der Langevinschen Formel und der von *Pauli* besteht darin, daß *Langevin* auf Grund der klassischen Statistik alle Lagen des magnetischen Moments als möglich ansieht, während nach der Quantentheorie die magnetische Achse der Atome nur ganz bestimmte Winkel mit der Feldrichtung annehmen kann. *Epstein* setzt nun in die letztere Formel für j kleine ganze Zahlen ein, so ergibt sich in der Tat eine gute Übereinstimmung der berechneten Werte für die Susceptibilität mit den experimentell gefundenen Werten. Die erhaltenen Werte sind aus der beigefügten Tabelle zu entnehmen.

Ion	$\chi \cdot 10^4$ berechnet	$\chi \cdot 10^4$ beobachtet	j
Cr+++.....	4,8	5,0	3
Cr++	7,7	7,9	4
Mn++.....	11,3	11,6	5
Fe+++.....		11,5	
Co++.....	7,7	7,9	4
Ni++(gesättigt)	4,8	3,5	3
Ni++(ungesätt.)	2,5	2,3	2
Cu++.....	1,0	1,1	1
Cu+.....	0	0	0

Man sieht aus den mitgeteilten Werten, daß mit Ausnahme des gesättigten zweifach geladenen Nickelions (gesättigt) die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ausgezeichnet ist. Bei Ni++ (gesättigt) scheint daher eine Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment vorzuliegen. *H. Kallmann.*

The optical cosine law. (*T. Smith*, Trans. of the opt. soc. 1922/3, *24*, 31—40.) Ein optisches Werkzeug soll im allgemeinen nicht einen Punkt, sondern einen mehr oder minder großen Gegenstand mit gleicher Güte abbilden. Im Jahre 1873 stellte *E. Abbe* die Bedingung auf: Damit eine Umdrehungsfolge ein zur Achse senkrechtes Linienstückchen vollkommen scharf wiedergibt, muß außer der scharfen Abbildung für den Achsenpunkt die Bedingung erfüllt sein:

a) $n' \sin u' : n \sin u = 1 : \beta = \text{const.}$

β Vergrößerung, u, u' Winkel eines einfallenden und austretenden Strahls mit der Achse, n, n' erstes und letztes Brechungsverhältnis). *Ch. Hockin* wies 1884 nach, daß für die scharfe Abbildung eines Stückchens der Achse das Verhältnis der halben Sinus fest sein muß. Weitere Verallgemeinerungen wurden von *H. Bruns*, *M. Thiesen* u. a. gefunden, sie zeigen Gesetze für die Abbildung von Linien- oder Flächenstückchen außerhalb der Achse einer Umdrehungsfolge oder auch für Linsenfolgen, die nicht Umdrehungsfolgen sind; das gemeinsame ist, daß in ihnen der Cosinus des Winkels mit dem abzubildenden Linienstück eine Rolle spielt; die Sinus mit anderen Linien treten nur in Sonderfällen auf.

Sehr allgemein läßt sich ein von *A. E. Conrady* freilich nur für Umdrehungsfolgen ausgesprochenes Verfahren benutzen, aus ihm folgt, daß zur scharfen Wiedergabe eines von einem scharf abgebildeten Punkte ausgehenden Linienstückchens für jeden Strahl von dem Punkte gelten muß:

b) $n' \cos \varepsilon' - n \cos \varepsilon = \text{const.}$

(ε, ε' Winkel des einfallenden und austretenden Strahles mit dem Linienstückchen und seinem Bilde).

In anderer Weise haben *E. Lihotzky* und *F. Staeble* 1919 die Abbesche Sinusbedingung verallgemeinert, indem sie zwar vom Achsenpunkte einer Umdrehungsfolge ausgingen, für ihn aber keine abweichungsfreie Abbildung annahmen; alsdann konnten sie eine Bedingung aufstellen, daß die Abbildung für ein zur Achse senkrechtes Linienstück die gleiche Güte hat wie im Achsenpunkt, wobei *Staeble* auch den Fall berücksichtigt, daß auch auf der Dingseite kein abweichungsfreier Punkt vorliegt.

Die Arbeit von *Smith* bringt in gewisser Weise beide Verallgemeinerungen zusammen. Das vom Verfasser abgeleitete Gesetz wird so ausgesprochen:

„Im Ding- und Bildraume sei je eine Richtung gegeben; die einfallenden und austretenden Strahlen mögen mit ihnen die Winkel ϑ und ϑ' bilden. Man betrachte die Strahlen, die der Bedingung genügen:

c) $\cos \vartheta = p \cos \vartheta' + q$

(p und q Konstante); sie werden im Ding- und Bildraum je eine kaustische Fläche Σ und Σ' bestimmen. Denkt man sich nun Σ um eine unendlich kleine Strecke in der gegebenen Richtung verschoben, so daß die Dingstrahlen nunmehr eine zu Σ kongruente Fläche Σ_1 von gleicher Lage berühren, so wird auch die entsprechende Fläche im Bildraume, Σ_1', zu Σ' kongruent, gleichliegend und in der ausgewählten Richtung verschoben sein, die Verschiebungen σ und σ' genügen der Gleichung $n' \sigma' = n \sigma p$".

Die Gleichung c) stimmt mit der Conradyschen Gleichung b) überein, die also nicht nur für den Fall einer abweichungsfreien Abbildung ihre Bedeutung hat, sondern allgemein eine Beziehung zwischen den Strahlen im Dingraume und denen im Bildraume bedeutet, aus der allgemeine Gesetze für die Wiedergabe eines Linienstückchens abzuleiten sind.

Für den Beweis des Satzes verwendet *T. Smith* das Brunsische Eikonal, für den Beweis der Umkehrung eine Erweiterung des Fermatschen Satzes vom „kürzesten Lichtwege".

Die Abbesche wie die Hockinsche Sinusbedingung und mehrere andere bekannte Sätze erscheinen als Sonderfälle des Smithschen Satzes.

Zum Schluß untersucht der Verfasser als weiteres Beispiel die Frage, inwieweit eine achsensymmetrische brennpunktlose Linsenfolge mit — bei Verschiebung einzelner Teile — veränderlicher Vergrößerung möglich wäre, die in jedem Falle unendlich ferne Gegenstände scharf abbildet. *H. Boegehold.*

A large aperture aplanatic lens not corrected for colour. (*Th. Smith*, Transactions of the Optical Society *XXIV*, 1922/23, Nr. 1, Seite 22—30.) Der Verfasser stellte sich die Aufgabe, ein System von zentrierten, nichtverkitteten Linsen ein und derselben Glassorte zu berechnen, das frei ist von sphärischer Aberration und von komatischen Fehlern bei einem großen relativen Öffnungsverhältnis. Aus den mathematischen Bedingungen für die Freiheit vom Kugelgestaltfehler und für die Erfüllung der Sinusbedingung, die dem Aufsatz über „Optical Calculations" aus dem Dictionary of Applied Physics, 4, ent-

nommen sind, ergibt sich, daß ein solches System aus sich berührenden Linsen gleicher Stärke besteht, die durch unendlich dünne Luftlinsen — ebenfalls gleicher Stärke — voneinander getrennt sind. Hat man ein solches System, das die Sinusbedingung erfüllt, aber sphärisch überkorrigiert ist, so kann dieser Fehler durch eine entsprechende Änderung der Krümmungen behoben werden. Wird zunächst die Koma- bzw. Sinusbedingung unberücksichtigt gelassen, so kann — der Dingpunkt in großer Entfernung vorausgesetzt — der Kugelgestaltfehler in erster Ordnung beseitigt werden. Hierzu sind notwendig 2 Linsen bei der Brechzahl $n = 2{,}5$, 3 Linsen bei $n = 1{,}75$ und 4 Linsen bei $n = 1{,}5$.

Fig. 1 zeigt ungefähr die Form eines solchen aus vier Linsen bestehenden Systems. Es zeigte sich, daß man gleichzeitig die Sinusbedingung erfüllen kann, wenn die Brechzahl höher genommen wird, als es allein für die Aufhebung der sphärischen Aberration notwendig ist. Für ein System von vier Linsen muß die Brechzahl mindestens den Wert $n = 1{,}54321$ besitzen.

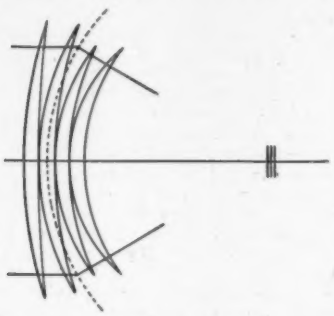


Fig. 1.

Es werden alsdann die Radien eines auf dieser Grundlage berechneten Systems von vier Linsen gegeben, dessen relatives Öffnungsverhältnis näherungsweise $f:1$ beträgt. Während der Kugelgestaltfehler recht gut behoben ist, zeigt die Brennweite für die verschiedenen Einfallshöhen eine Änderung bis zu 2 %. Diese Änderung wird mit einer gleichmäßigen Durchbiegung sämtlicher Linsen berichtigt. Die Brennweitendifferenzen betragen nur mehr ½ %, aber in bezug auf sphärische Abweichung ist das System nun unterkorrigiert. Um diese Unterkorrektion zu beseitigen, muß eine höhere Brechzahl gewählt werden. Durch Extrapolation wurde $n = 1{,}6$ gefunden. Eine nochmalige, gleichmäßige Verstärkung der Durchbiegung sämtlicher Linsen ist notwendig, um die Sinusbedingung zu erfüllen. Damit aber ist ein System erhalten, das tatsächlich für ein relatives Öffnungsverhältnis von $f:1$ sphärisch korrigiert ist und die Sinusbedingung erfüllt; die Zonenfehler sind beide Male erstaunlich gering. Der Kugelgestaltfehler erreicht nur Werte von etwa $f/2500$.

Eine graphische Darstellung der sphärischen und komatischen Korrektion zeigt, daß die erhaltenen Kurven mit großer Annäherung als Kreise dargestellt werden können, wenn man als Abszissen die Schnittweiten bzw. Brennweiten und als Ordinaten die Quadrat. der Einfallshöhen der achsenparallelen Strahler aufträgt

Der Ort des Brennpunktes eines solchen Systems ändert sich rasch, wenn sich die Wellenlänge des Lichtes ändert; das System ist eben chromatisch vollständig unkorrigiert. Dagegen ändert sich die gute Korrektion des Systems in bezug auf die Achsenfehler nur verhältnismäßig langsam, wenn man allmählich zu Lichtstrahlen anderer Farbe übergeht. Selbst über das ganze sichtbare Spektrum wird eine recht gute Korrektion beibehalten.

Es besteht wohl die Möglichkeit, jede einzelne der vier Linsen durch ein achromatisches System mit entsprechenden Krümmungsradien zu ersetzen, um auch chromatische Korrektion zu erzielen. Das Öffnungsverhältnis von $f:1$ kann dann allerdings nicht mehr erreicht werden. Der Verfasser bemerkt, daß man nach diesem Prinzip große Fernrohrobjektive konstruieren könnte, die 100mal lichtstärker wären als die jetzt bekannten. Über die Schwierigkeit der Zentrierung solcher Objektive, über die Größe der Lichtverluste durch Absorption und Reflexion und dgl. wird jedoch nicht berichtet.

Der Verfasser erwähnt außerdem im Anfang seiner Abhandlung, es sei wohl bekannt, daß man mit einer Reihe dünner sich berührender Sammellinsen einen reellen Dingpunkt aberrationslos in einen reellen Bildpunkt abbilden könne. Solche Systeme wären jedoch für praktische Zwecke — und zwar für spektroskopische Arbeiten — erst in neuester Zeit durch die englische Firma Roß ausgeführt worden. Hierzu muß folgendes bemerkt werden: In dem Buch „Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik"[1]) ist im V. Kapitel, betitelt „Die Theorie der sphärischen Aberrationen" von *A. König* und *M. v. Rohr* darauf hingewiesen worden, daß das erste Glied der sphärischen Aberration sich in Systemen aus dünnen Sammellinsen ein und derselben Glassorte fortschaffen läßt. Es wurde ein solches System aber auch praktisch ausgeführt als Quarzlinsenobjektiv für eine mikrophotographische Einrichtung für ultraviolettes Licht. *A. Köhler* und *M. v. Rohr* berichten über ihre diesbezügliche Arbeit in der Zeitschrift für Instrumentenkunde im XXIV. Jahrgang 1904, S. 341—349. Zum Unterschied von dem durch *Smith* angegebenen System wurde bei diesem von der Firma Carl Zeiß, Jena, ausgeführten Objektiv mit großer Apertur die Herbeiführung der Aplanasie durch Einschaltung einer Negativlinse erreicht. Dieses Quarzsystem ist für die Wellenlänge $\lambda = 275\ \mu\mu$ korrigiert und zeigt ebenfalls bemerkenswert kleine Zonen.

H. Hartinger.

A method of measuring small differences of the refractive indices. (*J. W. Obreimoff*, Transactions of the Opt. Inst. in Petrograd Vol. *1*, Nr. 1. Berlin 1922. 15 S., 3 Taf.) Um die Homogenität des in der Petersburger Porzellan- und Glasfabrik erzeugten Glases unmittelbar nach Aufbrechen der Hafen schnell und sicher überwachen zu lassen, hat *Obreimoff* eine ursprünglich von *J. C. Schröder, van der Kolk, Cheshire* und *Martin* angegebene Methode zur Messung der Brechung und Dispersion beliebig geformter, durchsichtiger Körper so umgestaltet, daß sie durch ihren enormen Zeitgewinn und die Einfachheit des Instrumentariums außer für den gedachten Zweck weitgehender Verwendung in Physik und Technik fähig scheint. Einerseits gelingt es mit einer für technische Zwecke hinreichenden Genauigkeit, die Refraktionsmessung an 20—30 Glasproben an einem Tage zu erledigen, eine Arbeit, die sonst bei geringerer Genauigkeit einschließlich des dann nötigen Anschleifens und Polierens der Stücke zwei Wochen beansprucht; andererseits wird nachge-

[1]) Herausgegeben von *M. v. Rohr*, XXII, 587 S. mit 133 Textfig. Berlin, J. Springer, 1904.

wiesen, daß unter Beachtung einiger Vorsichtsmaßregeln in bezug auf Temperaturänderungen, Refraktionsdifferenzen mit einer Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ festgestellt werden können, wie es sonst nur mit Interferometern möglich ist. Die Methode benutzt die Erfahrungstatsache, daß beliebig geformte, durchsichtige Körper in Flüssigkeiten gleichen Brechvermögens und gleicher Dispersion unsichtbar werden. Da in der Regel nicht völlig gleiche Dispersion erreichbar ist, so tritt die Unsichtbarkeit nur für monochromatisches Licht bestimmter Wellenlänge ein und verrät damit den Schnittpunkt der Dispersionskurven der Flüssigkeit und der Glasprobe. Ist nun etwa die Kurve der Dispersionsdifferenzen zwischen der Flüssigkeit und einem Musterglas sowie die Dispersionskurve des Musterglases bekannt, so ist aus der ermittelten Lage des Schnittpunktes der Dispersionskurven von Flüssigkeit und Glasprobe mit hinreichender Genauigkeit die Refraktionsdifferenz zwischen Glasprobe und Musterglas gegeben. Die Dispersionskurve des Musterglases muß auf gewöhnliche Art bestimmt werden, dagegen kann die Dispersionsdifferenzenkurve zwischen diesem und der Flüssigkeit sehr einfach und genau durch die vom Verfasser gegebene Beobachtungsmethode festgelegt werden. Bei der Versuchsanordnung des Verfassers durchleuchtet eine in allen Wellenlängen des Spektrums variable monochromatische Punktlichtquelle einen die Flüssigkeit mit dem Musterglas und der Glasprobe enthaltenden durchsichtigen Trog (als Flüssigkeiten haben sich wegen ihrer langsamen Verdunstung und geringen Hygroskopie Mischungen von Petroleum, Cedernöl, Bromoform, Tetrabrommethan und Monobromnaphthalin bewährt). Beobachtet wird entweder durch ein auf der anderen Trogseite aufgestelltes Okular der Moment des Verschwindens der Glasstücke während der stetigen Farbenänderung der Lichtquelle, oder besser, weil empfindlicher, die Anordnung und das Verschwinden der auf einem weißen Schirm an der Okularseite aufgefangenen Lichtverteilung mit Interferenzfransen, für die der Verfasser eine elementare Theorie gibt. Auch bei stark schlierigen Stücken läßt sich aus dem Verschwinden der Interferenzen die Differenz der Brechungsindices ohne Schwierigkeit bis auf $1 \cdot 10^{-5}$ genau angeben. Wenn die Flüssigkeit zum Temperaturausgleich ständig gerührt wird, läßt sich die Genauigkeit auf $1 \cdot 10^{-6}$ steigern. Wird das mit der Farbenänderung der Lichtquelle wiederholte Auftauchen und Verschwinden der Interferenzen beobachtet, die entstehen, wenn das Licht die rechtwinklig abgeschnittene Seitenfläche eines planparallelen Musterglases streift, so läßt sich daraus, wie Verfasser zeigt, mit gleicher Genauigkeit die Dispersionsdifferenzkurve zwischen Flüssigkeit und Glas ermitteln.

Die hohe Genauigkeit und Zeitersparnis der Methode lassen erwarten, daß man sie konstruktiv zu einem Refraktometer mit gleicher Meßgenauigkeit verdichten könnte, das dem immerhin schwierig zu handhabenden Interferometer in mancher Beziehung vorzuziehen wäre. In einfacherer Form glaubt Verfasser ein solches Instrument sogar dem Pulfrichschen Refraktometer an Zeitersparnis überlegen. Für spezielle technische Zwecke, z. B. Konzentrationsbestimmung von Lösungen, sind weitere Vereinfachungen möglich.

A. Kühl.

Verflüssigung des Heliums in Canada. (Nach einer Mitteilung von *J. C. Mc. Lennan* in *Nature* Bd. *112*, S. 135—139, vom 28. Juli 1923.) Fünfzehn Jahre nachdem es *Kamerlingh Onnes* in Leiden zum ersten Male gelang, das gasförmige Helium in den flüssigen Zustand überzuführen, kommt die Nachricht, daß es außer dem berühmten holländischen Kältelaboratorium noch eine zweite Stelle der Erde gibt, wo die Verflüssigung des Heliums durchgeführt worden ist. Diese Kunde ist für die Physik insofern von großer Bedeutung, als es nun voraussichtlich binnen kurzem möglich sein wird, die bisher einzig dastehenden Versuche, welche *Kamerlingh Onnes* im Bereich der tiefsten Temperaturen anstellte und die unter anderm zu der Auffindung der Supraleitung (Verschwinden des elektrischen Widerstandes) führten, unter veränderten Bedingungen zu bestätigen.

Das neue Kältelaboratorium steht unter der Leitung von Prof. *J. C. Mc. Lennan* und ist am 24. Januar dieses Jahres an der Universität Toronto in Canada eröffnet worden. Bereits bei dieser Gelegenheit konnte seinen Besuchern neben flüssiger Luft und flüssigem Wasserstoff auch flüssiges Helium vorgeführt werden. Der Anstoß zur Begründung des Laboratoriums wurde durch die Auffindung der amerikanischen Heliumquellen gegeben, deren Ergiebigkeit so groß ist, daß man bald nach Beginn des Krieges die Frage erwog, ob man Luftschiffe mit Helium anstatt mit dem leicht explosiblen Wasserstoff füllen sollte. Eine Überschlagsrechnung ergab, daß die Gasquelle in Bow Island bei Calgary in Alberta pro Jahr etwa 400 000 cbm Heliumgas liefert. Im Auftrage der britischen Admiralität führte *Mc. Lennan* die wissenschaftliche Untersuchung dieser Gasquelle durch und entnahm ihr größere Heliummengen, die in Stahlflaschen unter einem Druck von 150 at aufbewahrt wurden. Die Analyse des roh gereinigten Gases ergab nur 5 bis 10 % Verunreinigungen, die wesentlich aus Stickstoff und Methan bestanden. Da schwer kondensierbare Gase, wie Wasserstoff und Neon, nicht beigemischt sind, so kann das Gas leicht durch Ausfrieren der Beimengungen weiter gereinigt werden, indem es unter einem Druck von 150 at durch flüssige Luft von $-205°$ geleitet wird.

Im Winter 1919/20 entstand der Plan, das in Calgary gewonnene Helium wissenschaftlichen Zwecken dienstbar zu machen. Die Mittel zur Einrichtung des kryogenen Laboratoriums wurden durch kanadische wissenschaftliche und industrielle Vereinigungen, durch die Carnegiestiftung und die Universität Toronto bestritten. Sie ermöglichten die Beschaffung einer Luft-, einer Wasserstoff- und einer Heliumverflüssigungsanlage. Es können dort zurzeit pro Tag 300 kg flüssige Luft gewonnen werden. Die Anlagen zur Verflüssigung von Wasserstoff und Helium sind nach dem Leidener Vorbild konstruiert, indem die Gase in geschlossenen Kreisläufen, bestehend aus einem Gasometer, dem Kompressor und dem Verflüssiger, herumgeleitet werden. Der verfügbare Wasserstoff mußte vor der Verflüssigung einer besonderen Reinigung unterzogen werden, die nach den bereits von *Kamerlingh Onnes* gegebenen Vorschriften durchgeführt wurde. Der Verflüssiger erlaubt stündlich 10 bis 15 Liter flüssigen Wasserstoff zu erzeugen, so daß leicht ein Vorrat von 50 Litern hergestellt werden kann. Beim Heliumverflüssiger gelang die thermische Isolation in so vorzüglicher Weise, daß 10 Liter flüssigen Wasserstoffes für die Vorkühlung genügen, um mehr als 1 Liter flüssiges Helium darzustellen. Das gasförmige und auf etwa 40 at komprimierte Helium wird in mehreren Stufen bis auf die Temperatur des bei 6 cm Druck siedenden Wasserstoffs gebracht, bevor es nach dem Joule-Thomson-Prinzip dem Verflüssigungsprozeß unterworfen wird. *Henning.*

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere, ihre biologische und rassenanatomische Bedeutung sowie die Muscularis sexualis. (*P. Schiefferdecker*, Zoologica. Originalabhandlung aus d. Gesamtgeb. d. Zoologie Bd. 27, Lief. 5 u. 6, Heft 72, Quart 154 S. m. 1 Abb. i. Text u. 8 farb. Taf. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandl., Stuttgart, 1922.) In einer umfangreichen und eingehenden Monographie hat Verf. die Hautdrüsen behandelt, ein schon oft bearbeitetes Thema, das aber immer noch manches Neue ergab. Die Hautdrüsen werden eingeteilt in: a) die „holokrinen" Drüsen (Talgdrüsen oder Haarbalgdrüsen), b) die „merokrinen" Drüsen (große und kleine Schweißdrüsen). Das war schon bekannt, nun teilt Verf. die „merokrinen" Drüsen weiter ein in: a) die „merokrinen-apokrinen" Drüsen (große Schweißdrüsen des Menschen, die Drüsen der behaarten Haut der meisten Säugetiere und die Milchdrüsen und Mammardrüsen) und b) die „merokrinen-ekkrinen" Drüsen (kleine Schweißdrüsen des Menschen, die Drüsen in der Sohle von Katze und Hund, in der Rüsselscheibe des Schweines usw.). Für den kurzen Gebrauch bezeichnet Verf. die „apokrinen" Drüsen als a-Drüsen, die „ekkrinen" Drüsen als e-Drüsen. Diese beiden merokrinen Drüsenarten unterscheiden sich ganz scharf voneinander durch die „morphologischen Vorgänge" bei der Sekretion, ihre „Entwicklung" und ihr „Vorkommen".

Eigentliche *Schweiß*drüsen sind nur die e-Drüsen, daraus folgt, daß nur der Mensch regelrecht „schwitzt", die Affen mehr oder weniger, die Hunde und Katzen an den Sohlen, die sonstigen Säuger gegebenenfalls an den Orten, wo sie e-Drüsen besitzen. Wenn das Pferd zu schwitzen scheint, so kommt das daher, daß seine Drüsen eine Flüssigkeit absondern, die einigermaßen das „wirkliche" Schwitzen ersetzen kann, aber kein wirklicher Schweiß ist. Das allgemeinere „Schwitzen" beginnt demnach erst im „Primatenstamme" und erreicht seine höchste Ausbildung beim „Menschen", was sehr wichtig ist, denn auf diese Weise ist der Mensch befähigt, in sehr verschiedenen Klimaten zu leben. Bei den e-Drüsen erfolgt wahrscheinlich nur eine einfache Ausscheidung von Flüssigkeit, hin und wieder zeigen sich auch kleine Kügelchen oder Tröpfchen, die Zellen werden nicht verändert. Bei den a-Drüsen dagegen findet sich ein vollständiger Kreis von Absonderungsveränderungen der Drüsenzellen: von der platten durch die Zylinderzelle hindurch zu Zylinderzellen mit Auswüchsen, die entweder entleert oder abgestoßen werden (Dekapitationsvorgang). Daher gibt es bei diesen Drüsen ein „merokrin-nekrobiotisches" Stadium, das aber nur vorübergehend ist und nur einen Teil jeder Zelle betrifft. Die Drüsen sondern daher ein „stoffreiches" Sekret ab und können aus diesem Grunde einmal entgiftend wirken (Grundbedeutung), wie auch ernährend (Milchdrüse). Diese a-Drüsen sind nicht als eigentliche Hautdrüsen entstanden, sie finden sich auch im Darme und den Geschlechtsorganen und sind nur bei den Säugern in die Haut geraten. Verf. hat sie als eine besondere Drüsengruppe, die „Stoffdrüsen" von allen anderen unterschieden. Es wird dann weiter der „Ausführungsgang" der beiden Drüsenarten besprochen, der auch noch Funktionen besitzt: so wird bei den e-Drüsen wahrscheinlich, namentlich bei sehr reichlichem Schweiße, ein großer Teil der Flüssigkeit von den Hautgefäßen aus durch den in der Oberhaut (Keimschicht) gelegenen Teil des Ausführungsganges entleert. Es kommen also beim Schwitzen nicht nur die Drüsen und Drüsennerven, sondern auch die Hautgefäße und ihre Nerven in Frage. — Diese a-Drüsen oder Drüsen mit „Auswuchssekretion" sind also im wesentlichen ein tierisches Kennzeichen, man kann demnach annehmen, daß sie bei der Entwicklung des Menschen aus dem Tiere allmählich verschwunden sind, durch die Affen zum Menschen hin. Diese Tatsache wird auch durch die Entwicklungsgeschichte erwiesen. Man kann demnach die meisten Säuger als „a-Drüsen-Tiere" bezeichnen, die Affen als „gemischtdrüsige" und den Menschen als „e-Drüsen-Tier".

Beim „deutschen Manne" finden sich a-Drüsen in der Achselhöhle und in der Brustwarze und im Warzenhofe, ferner mitunter in der Haut des Mons pubis, in der Inguinalfurche, um den After, sie fehlen am Scrotum. Beim „deutschen Weibe" sind die Drüsen weiter verbreitet: Achselhöhle, Mamma, Warzenhof, Mons pubis, Inguinalfurche, Labia majora, After, mitunter unterer Teil des Bauches. Bei einem „Chinesen" fanden sie sich am Mons pubis in großer Menge und zogen am Bauche bis zur Brust herauf, außerdem fanden sie sich an den vorher genannten Stellen. Bei zwei „Kamerunnegern" fanden sie sich, wie bei dem Chinesen, gingen aber nicht mehr auf den oberen Teil des Bauches und auf die Brust über. Bei einem „Australier", von dem Verf. nur die Regio parotidea untersuchen konnte, fanden sich die Drüsen auch hier, wo sie bei den anderen Menschen gefehlt hatten, bei zwei Cercopitheken aber vorkamen. Wenn sie bei dem Australier hier sich fanden, so war anzunehmen, daß sie vom Rumpfe aus bei ihm bis ins Gesicht vorkamen. Wir erhalten dann folgende Reihe: Affen, Australier, Chinese, Kamerunneger, deutsches Weib, deutscher Mann. Daß das deutsche Weib mehr solcher Drüsen besitzt als der Mann, spricht für den Geschlechtsunterschied. In der Tat scheinen die a-Drüsen für das Weib von größerer Bedeutung zu sein als für den Mann. — Die Bedeutung der a-Drüsen und der e-Drüsen liegt einmal in der Entgiftung des Körpers, in der Erzeugung von Duftstoffen, in der Einfettung der Haut, denn sie sondern auch Fett ab, und bei den e-Drüsen in der Erzeugung von „Schweiß" und damit dann der so wichtigen Wärmeregulierung. Ob die Gift- und die Duftstoffe dieselben sind, weiß man noch nicht. Die Duftstoffe verraten die Spur, sie halten die Herden zusammen, sie locken das Junge an die Brüste der Mütter, sie erlauben den Männchen und Weibchen, sich im Dunkeln zu finden, sie wirken „geschlechtsreizend". Diese letzte ist eine sehr wichtige Bedeutung, denn sie dient der Erhaltung der Art. Der Duft ist abhängig von nervösen Einflüssen, er verrät daher einiges vom Seelenleben der Tiere, daher *Jäger* ihn als Seelenduft bezeichnete. Es gibt beim Menschen Rassendüfte, Volksdüfte, Familien- und Personendüfte und endlich Geschlechtsdüfte. Auch die Milch jeder Tierart duftet anders. Es finden bei Tieren und dem Menschen sich besondere „Duftorgane" in der Haut, die gewöhnlich auch von stärker ausgebildeten Haarbüscheln begleitet sind, die dann als „Duftpinsel" dienen. — Außer den Haarbalgmuskeln finden sich in der Haut noch andere Ausbreitungen von Bündeln glatter Muskelfasern. Sie sind flächenhaft und liegen teils im Corium, teils im subkutanen Gewebe. Sie finden sich hin und wieder in der Achselhöhle, immer in der Brustwarze, gegebenenfalls im Warzen-

hofe, vielfach in der Haut des Mons pubis, in der des Dammes, zum Penis heraufziehend, in den Labia majora. Die vordere Rumpfseite des Menschen kann man als die „Regio sexualis" bezeichnen, bis zum Beginne der Extremitäten hin. Hier liegen die Achselhöhlendrüsen, die Milchdrüsen mit den Warzenhofdrüsen, und die Milchleisten gehen an der vorderen und seitlichen Gegend des Rumpfes herunter, wo überall Milchdrüsen entstehen können (wieder mit glatter Muskulatur), dann kommt gegebenenfalls Brust, Bauch, dann der Mons pubis mit seinen a-Drüsen, der Penis, das Scrotum und die Labia majora, dann Damm, endlich in den Inguinalfurchen wieder a-Drüsen entsprechend den Achselhöhlen. Überall an den genannten Orten kann sich auch glatte Muskulatur finden. So können wir uns diese zusammen mit den Geschlechtsteilen über die „Regio sexualis" ausgebreitet denken und sie daher auch als „Muscularis sexualis" bezeichnen. Sie müßte bei Tieren und Menschen noch näher untersucht werden. — Über die Verschiedenheit der Drüsenabsonderungen auf der Haut bei Menschen und Tieren belehrt uns auch die Verschiedenheit der dort lebenden Parasiten, die natürlich von den Düften abhängig sind. Die e-Drüsen selbst zerfallen sicher noch wieder in verschiedene Unterarten, die verschiedene Unterabteilungen mit verschiedenen Absonderungen bilden, denn man findet nicht nur bei verschiedenen Menschen, sondern auch bei demselben e-Drüsen mit verschieden vielen Drüsenzellen auf dem Querschnitte. Bestimmte Abteilungen der Haut haben also andere e-Drüsen als andere und damit auch verschiedene Düfte und ebenso verschiedene Rassen usw. Es müssen da noch sehr ausgedehnte Arbeiten an Völkern verschiedener Rassen gemacht werden. — Diese Arbeit gehört wieder zu der Reihe derer, die Verf. seit Jahren zu der Biologie des Menschengeschlechtes ausgeführt hat. *Autoreferat.*

Amphioxus als Delikatesse. (*S. F. Light*, Amphioxus fisheries near the University of Amoy, China. Science Vol. *58* [1923].) Es wird jeden Biologen, der gewohnt ist, den Amphioxus (den klassischen Urahnen des Wirbeltierstammes) mit einer gewissen heiligen Scheu zu betrachten, überraschen zu hören, daß es einen Fleck auf der Erde gibt, an dem Amphioxus seit Jahrhunderten zu Nahrungszwecken gefischt wird. Bei dem Dorfe Liuwutien in Südchina findet sich ein etwa eine Meile breiter und 6 Meilen langer Küstenstrich, an dem die ganze Fischerbevölkerung ausschließlich von der Amphioxusfischerei lebt. 400 Fischer in 200 Booten arbeiten von August bis April jeden Jahres zwei bis vier Stunden lang täglich mit einer besonderen Form von Dredge, Amphioxus zu fischen. Der durchschnittliche tägliche Fang eines Bootes ist 13 Pfund, der gesamten Flottille 1 t, also Hunderte von Tonnen im Jahr, was einer Zahl von über einer Milliarde Individuen im Jahr gleichkommt. Danach kann man sich eine Vorstellung von der Zahl und Vermehrungsrate des Amphioxus an dieser Stelle bilden, die seit Jahrhunderten in der gleichen Weise ausgenutzt wird, ohne erschöpft zu werden. Es scheint, daß nur in der Nähe ansässige Chinesen den Leckerbissen schätzen, der auf verschiedene Weise zu allerlei Gerichten zubereitet wird. Außer im frischen Zustand wird der Amphioxus auch getrocknet und verschickt, wie dies ja die Chinesen mit so vielen ihrer Lebensmittel zu tun pflegen. — Von Interesse ist auch, wie sich die Chinesen die Anwesenheit dieser Organismen an besagter Stelle erklären. Der lokale Name des Amphioxus ist „Fisch des Gottes der Literatur". Es wird nun berichtet, daß dieser in der Zeit der berühmten Chinesenexamina sehr wichtige Gott auf dem Rücken eines Krokodils reitet. Dieses Krokodil starb und sein Körper wurde in der Nähe dieses Dorfes angeschwemmt, wo man ihn in Gestalt einer Insel noch sehen kann, und aus diesem Krokodilleichnam kommen immer Würmer heraus, und das sind die Amphioxi. Der Verfasser berichtet, daß die ansässigen Bewohner fest an diesen Ursprung glauben. Nach Prof. *Light* handelt es sich um eine neue Branchiostoma-Art, mit deren genauerer Untersuchung er beschäftigt ist.

R. G.

Auf die Bedeutung der Phosphorsäure für den intermediären Stoffwechsel, besonders beim Auf- und Abbau der Kohlenhydrate, wurde vor einiger Zeit zusammenfassend in dieser Zeitschrift hingewiesen (H. 16, 1923). Inzwischen hat die biochemische Erforschung der **Kohlehydrat-Phosphorsäure-Verbindungen** weitere Fortschritte gemacht. *Robison* gelang es nachzuweisen (Bioch. Journ. *16*, 809, 1922), daß bei der alkoholischen Hefegärung neben der bekannten, von *Harden* und *Young* sowie *Iwanoff* entdeckten Hexosediphosphorsäure auch eine Hexosemonophosphorsäure auftritt, die jedoch mit der von *Neuberg* auf chemischem Wege erhaltenen nicht identisch ist. In einer weiteren Mitteilung (Bioch. Journ. *17*, 286, 1923) untersuchte *Robison*, ob dem von ihm isolierten Zuckerphosphorsäureester auch für den tierischen Organismus eine biologische Bedeutung zukomme, in analoger Weise, wie das von *Embden* aufgefundene Lactacidogen des quergestreiften Muskels mit der bei Hefegärung gebildeten Hexosediphosphorsäure identisch oder sehr nahe verwandt ist. Jedenfalls lieferte nach den Untersuchungen von *Embden* und *Laquer* das Lactacidogen des Muskels die gleiche Osazonverbindung, wie sie bei der Einwirkung von Phenylhydrazin auf Hexosediphosphorsäure entsteht.

In der Tat konnte *Robison* bei seinen ausgedehnten Untersuchungen feststellen, daß besonders in den Knochen junger Tiere ein Ferment vorhanden ist, das aus Hexosemonophosphorsäure anorganische Phosphorsäure abspaltet. In stark abgeschwächtem Maße ist zu der gleichen fermentativen Leistung nur die Niere befähigt, während das Ferment in allen anderen Organen völlig oder nahezu völlig fehlt. Besonders auffallend ist der Unterschied im Fermentgehalt ossifizierenden Knorpels gegenüber einem Knorpelgewebe, das keine knochenbildenden Fähigkeiten mehr hat. Letzteres ist so gut wie fermentfrei. Da weiterhin die Ca- und Mg-Salze der Hexosemonophosphorsäure leicht löslich sind und bei ihrer fermentativen Spaltung in Kohlehydrat und freie Phosphorsäure die Ca- und Mg-Phosphate als unlösliche Salze ausfallen müssen, stellt Verfasser, zunächst in sehr vorsichtiger Form, folgende Hypothese auf:

Mit dem Blutstrom wird im Körper ein Teil der Phosphorsäure als Hexosemonophosphorsäureverbindung transportiert. In den Knochen, besonders reichlich in der Wachstumszone, ist ein Ferment vorhanden, das aus dieser Zuckerphosphorsäureverbindung freie, anorganische Phosphorsäure abspaltet, die als unlösliches Ca- und Mg-Salz ausfallend direkt zum Aufbau des Knochengerüstes dient. Weitere Untersuchungen zur Bekräftigung dieser sehr eindruckevollen Theorie werden angekündigt, vor allem auch über ihre Beziehungen zum Rachitisproblem. (Ber. über die ges. Physiol. u. exp. Pharm. Bd. *20*.) *F. Laquer.*

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Abderhaldensche Reaktion. Ein Beitrag zur Kenntnis von Substraten mit zellspezifischem Bau und der auf diese eingestellten Fermente und zur Methodik des Nachweises von auf Proteine und ihre Abkömmlinge zusammengesetzter Natur eingestellten Fermenten. Von Professor Dr. med. et phil. h. c. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. (Fünfte Auflage der „Abwehrfermente".) Mit 80 Textabbildungen und 1 Tafel. (XII, 356 S.) 1922. 13,10 Goldmark / 3,15 Dollar

Physiologisches Praktikum. Chemische, physikalisch-chemische, physikalische und physiologische Methoden. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden,** Geheimer Medizinalrat, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. Dritte, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 310 Textabbildungen. (XII, 350 S.) 1922. 12,60 Goldmark / 3 Dollar

Die Variabilität niederer Organismen. Eine deszendenztheoretische Studie. Von Dr. **Hans Pringsheim.** (VIII, 216 S.) 1910. 7 Goldmark / 1,70 Dollar

Neue Bahnen in der Lehre vom Verhalten der niederen Organismen. Von Dr. **Friedrich Alverdes,** Privatdozent für Zoologie an der Universität Halle. Mit 12 Abb. (IV, 64 S.) 1922. 2,35 Goldmark / 0,55 Dollar

Die Reizbewegungen der Pflanzen. Von Dr. **Ernst G. Pringsheim,** Privatdozent an der Universität Halle. Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. 12 Goldmark / 2,85 Dollar

Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte. Eine Untersuchung zur vergleichenden Wissenschaftslehre. Von Dr. **Kurt Lewin,** Privatdozent der Philosophie an der Universität Berlin. Mit 45 zum Teil farbigen Textabbildungen. (XIV, 240 S.) 1922. 8 Goldmark / 2 Dollar

Einführung in die physikalische Chemie für Biochemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Naturwissenschaftler. Von Dr. **Walther Dietrich.** Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Abbildungen. (VIII, 109 S.) 1923. 2,80 Goldmark / 0,65 Dollar

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, engl. Pfund, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

Die Bezieher der „Naturwissenschaften" genießen auf die

Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher

(herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften")

einen um 10 Prozent ermäßigten Vorzugspreis.

In den nächsten Tagen gelangt der Sechste Band zur Ausgabe:

Kristalle und Röntgenstrahlen

Von

P. P. Ewald

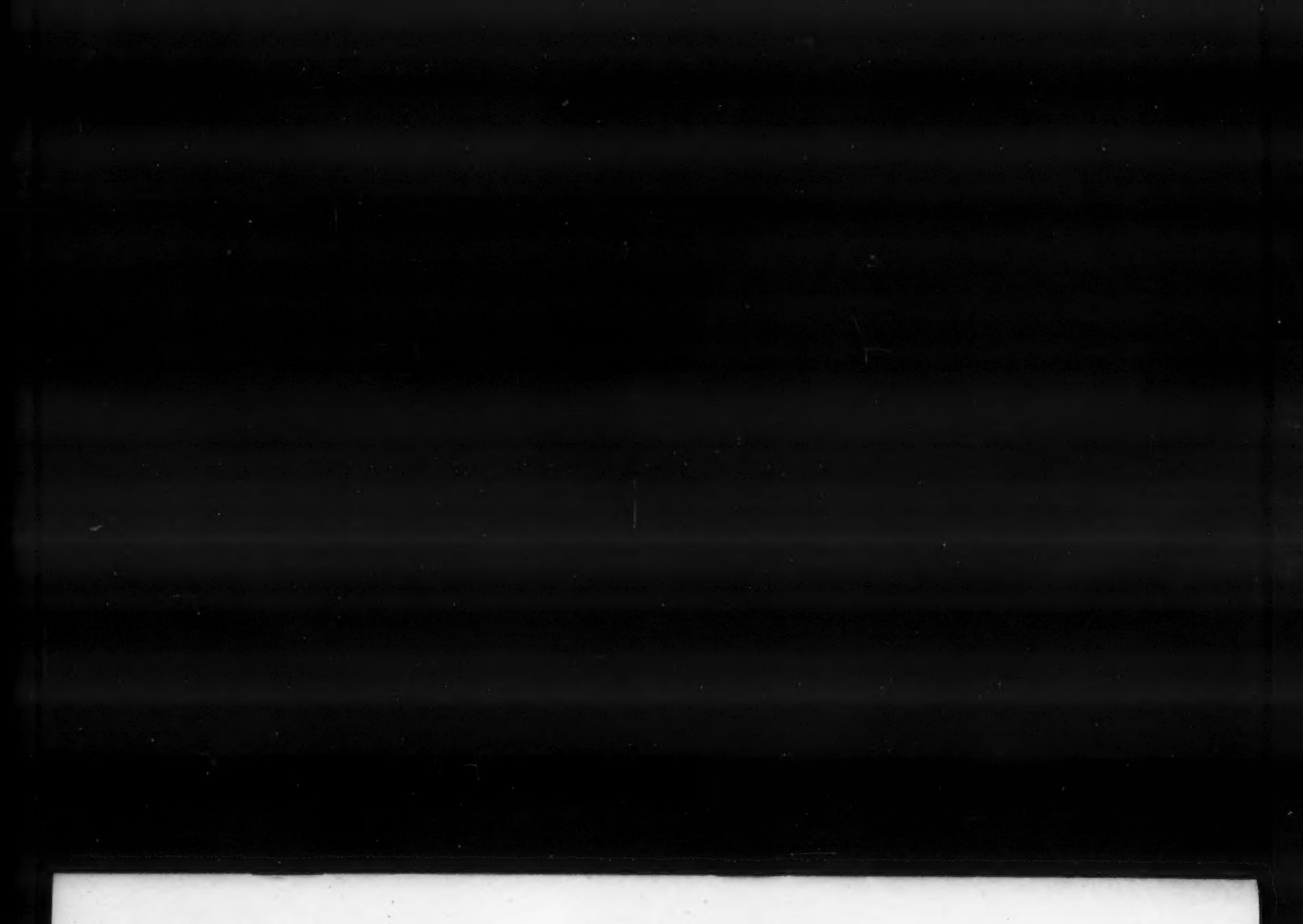
Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule zu Stuttgart

Umfang: (X, 327 S.) mit 189 Abbildungen

25 Goldm.; geb. 26,50 Goldm. / Für das Ausland 6 Dollar; geb. 6,35 Dollar

Inhaltsübersicht:

Von der Atomtheorie. — Kristallographische Grundbegriffe. — Kristallographische Strukturtheorie. — Interferenz. — Über Röntgenstrahlen. — Übersicht über die experimentellen Verfahren. — Braggsches Verfahren; Spektroskopie. — Interferenz in Gittern mit Basis; Strukturermittlung aus Braggschen Aufnahmen. — Die Lauemethode und die Bezifferung der Lauebilder. — Die Entstehung der Lauebilder und die Strukturkontrolle mit ihnen. — Das Debye-Scherrer-Verfahren. — Vollständige Diagramme, Faserstruktur, Metallbau. — Darstellung der erforschten Strukturen. — Gittergeometrie. — Ionengitter; Isomorphie; Mischkristalle. — Chemische Gesichtspunkte zur Deutung der Kristallstrukturen. — Gitterkräfte und stoffliche Eigenschaften. — Zur Gittergeometrie: Das reziproke Gitter. — Die Interferenzbedingungen im Translationsgitter. — Die Bezifferung der Laue-Aufnahmen mittels gnomonischer Projektion. — Debye-Scherrer-Verfahren und quadratische Form. — Die Bezifferung der Drehkristallaufnahmen. — Die Geometrie der Gitter mit Basis. — Der Strukturfaktor. — Die photographische Wirkung der Röntgenstrahlen. — Zusammenstellung über Strukturen.

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, engl. Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Verantwortlich für den Anzeigenteil Ch. Laube, Berlin W. — Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19, Beuthstraße 8